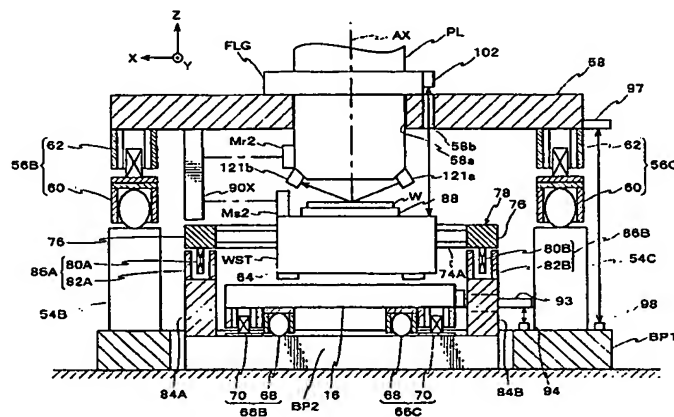




(51) 国際特許分類6 H01L 21/027, G03F 7/20	A1	(11) 国際公開番号 WO00/14779 (43) 国際公開日 2000年3月16日(16.03.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/04757 (22) 国際出願日 1999年9月2日(02.09.99) (30) 優先権データ 特願平10/248938 1998年9月3日(03.09.98) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 高橋正人(TAKAHASHI, Masato)[JP/JP] 伊藤信和(ITO, Nobukazu)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP) (74) 代理人 立石篤司(TATEISHI, Atsuji) 〒194-0013 東京都町田市原町田5丁目4番20号 パセオビル5階 Tokyo, (JP)		(81) 指定国 AE, AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CU, CZ, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, TR, TT, UA, US, UZ, VN, YU, ZA, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM) 添付公開書類 国際調査報告書

(54) Title: EXPOSURE APPARATUS AND EXPOSURE METHOD, AND DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) 発明の名称 露光装置及び露光方法、並びにデバイス及びその製造方法



(57) Abstract

A vibration isolating unit (56B, 56C) supporting a body column (14) is mounted on a base plate (BP1), and a vibration isolating unit (66B, 66C) supporting a stage surface plate (16) is mounted, independently of the base plate (BP1), on a base plate (BP2) placed on a floor (FD). Therefore, vibrations are not transmitted between the base plates (BP1, BP2), and the reaction force produced when a wafer stage (WST) is moved (driven) does not cause vibration of a projection optical system (PL) supported by the body column (14). Hence, the pattern transfer misregistration and unsharp image due to vibration of the projection optical system (PL) are effectively prevented and the exposure precision is improved. Further, the wafer stage (WST) can be moved quickly and the size of the wafer stage (WST) can be enlarged, thus also improving the throughput.

(57)要約

本体コラム（１４）を支持する防振ユニット（５６Ｂ、５６Ｃ）等がベースプレート（ＢＰ１）に搭載され、ステージ定盤（１６）を支持する防振ユニット（６６Ｂ、６６Ｃ）等がベースプレート（ＢＰ１）とは独立して床面（ＦＤ）に載置されたベースプレート（ＢＰ２）に搭載されている。このため、ベースプレート（ＢＰ１、ＢＰ２）相互間の振動の伝達が遮断され、基板ステージ（ＷＳＴ）の移動時（駆動時）の反力が本体コラム（１４）に支持された投影光学系（ＰＬ）の振動要因となることがない。従って、投影光学系（ＰＬ）の振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができ、基板ステージ（ＷＳＴ）のより高速化、大型化が可能であるためスループットの向上も図ることができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア		共和国	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボワール	IL	イスラエル	MW	マラウイ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CY	キプロス	JP	日本	NO	ノールウェー	ZA	南アフリカ共和国
CZ	チェコ	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
DE	ドイツ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DK	デンマーク	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
		KR	韓国	RO	ルーマニア		

明 細 書

露光装置及び露光方法、並びにデバイス及びその製造方法

技術分野

本発明は、露光装置及び露光方法、並びにデバイス及びその製造方法に係り、さらに詳しくは、半導体集積回路や液晶ディスプレイ等の半導体デバイスを製造する際にリソグラフィ工程で用いられる露光装置及び露光方法、並びに前記露光装置を用いて製造されるデバイス及び前記露光方法を用いてデバイスを製造する方法に関する。

背景技術

従来より、半導体デバイスの製造工程の1つであるリソグラフィ工程においては、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成された回路パターンをレジスト（感光剤）が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板上に転写する種々の露光装置が用いられている。

例えば、半導体素子用の露光装置としては、近年における集積回路の高集積化に伴うパターンの最小線幅（デバイスルール）の微細化に応じて、レチクルのパターンを投影光学系を用いてウエハ上に縮小転写する縮小投影露光装置が主として用いられている。

この縮小投影露光装置には、レチクルのパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写するステップ・アンド・リピート方式の静止露光型の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）や、このステッパを改良したもので、特開平8-166043号公報等の開示されるようなレチクルとウエハを一次元方向に同期移動してレチクルパターンをウエハ上の各ショット領域に転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）が知られている。

これらの縮小投影露光装置では、床面に先ず装置の基準になるベースプレートが設置され、その上に床振動を遮断するための防振台を介してレチクルステージ、ウエハステージ及び投影光学系（投影レンズ）等を支持する本体コラムが載置されている。最近の縮小投影露光装置では、前記防振台として、内圧が制御可能なエアマウント、ボイスコイルモータ等のアクチュエータを備え、本体コラム（メインフレーム）に取り付けられた6個の加速度計の計測値に基づいて前記ボイスコイルモータ等を制御することにより前記本体コラムの振動を制振するアクティブ防振台が採用されている。

上記のステップ等は、ウエハ上のあるショット領域に対する露光の後、他のショット領域に対して順次露光を繰り返すものであるから、ウエハステージ（ステップの場合）、あるいはレチクルステージ及びウエハステージ（スキャニング・ステップの場合）の加速、減速運動によって生じる反力が本体コラムの振動要因となって、投影光学系とウエハ等との相対位置誤差を生じさせるという好ましくない現象が生じていた。

アライメント時及び露光時における上記相対位置誤差は、結果的にウエハ上で設計値と異なる位置にパターンが転写されたり、その位置誤差に振動成分を含む場合には像ボケ（パターン線幅の増大）を招いたりする原因となっていた。

従って、このようなパターンの転写位置ずれや像ボケ等を抑制するためには、上記のアクティブ防振台等により本体コラムの振動を十分に減衰させる必要があり、例えばステップの場合には、ウエハステージが所望の位置に位置決めされ十分に整定されるのを待ってアライメント動作や露光動作を開始する必要がある、また、スキャニング・ステップの場合には、レチクルステージとウエハステージとの同期整定を十分に確保した状態で露光を行う必要があった。このため、スループット（生産性）を悪化させる要因となっていた。

また、近年におけるウエハの大型化に伴い、ウエハステージが大型化し、上

記のアクティブ防振台を用いてもスループットをある程度確保しつつ高精度な露光を行うことは困難となってきた。

このような不都合を改善しようとの目的から、特開平 2 - 1 9 9 8 1 3 号公報には基板を保持するステージと投影レンズを保持する投影レンズ取付台とを別々の防振マウントでそれぞれ支持する露光装置が提案されている。

しかるに、防振マウントを直接床面に設置することはその性質上困難であり、また、装置の基準となる部材が必要であることから、上記特開平 2 - 1 9 9 8 1 3 号公報に開示される露光装置では、同一の位置決め定盤上に、投影レンズを保持する本体を支持する本体用マウントと、XYステージを支持するXYステージ用マウントとが搭載されている。このため、この公報に記載の露光装置にあっても、XYステージの駆動時の反力に起因する振動が、XYステージ用マウントを介して位置決め定盤に伝わり、さらにこの振動が本体用マウントを介して本体に保持された投影光学系に伝わるため、前述したパターン転写位置ずれや像ボケ等を完全に防止できないことが明らかである。

デバイスルールは、将来的にさらに微細化し、また、ウエハ及びレチクルが大型化するため、ステージ駆動に伴う振動が従来にも増してより大きな問題となることは確実である。従って、装置各部の振動が露光精度に与える悪影響をより効果的に抑制するための新技術の開発が急務となっている。

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第 1 の目的は、露光精度及びスループットをともに向上することができる露光装置及び露光方法を提供することにある。

また、本発明の第 2 の目的は、微細パターンが精度良く形成された高集積度のデバイス及びそのデバイスの製造方法を提供することにある。

発明の開示

本発明は、第 1 の観点からすると、露光用光学系（PL）を用いて基板（W

）上に所定のパターンを形成する露光装置であって、前記露光用光学系を支持する本体コラム（１４）と；前記本体コラムを支持する第１の防振装置（５６Ａ～５６Ｃ）と；前記第１の防振装置が搭載されるとともに、床面（ＦＤ）に載置された第１のベース部材（ＢＰ１）と；前記基板を保持する基板ステージ（ＷＳＴ）を支持するステージ定盤（１６）と；前記ステージ定盤を支持する第２の防振装置（６６Ａ～６６Ｃ）と；前記第２の防振装置が搭載されるとともに、前記床面に載置された前記第１のベース部材とは独立した第２のベース部材（ＢＰ２）と、を備える第１の露光装置である。

これによれば、本体コラムを支持する第１の防振装置が第１のベース部材に搭載され、ステージ定盤を支持する第２の防振装置が第１のベース部材とは独立して床面に載置された第２のベース部材に搭載されているので、第１、第２のベース部材相互間の振動の伝達がほぼ遮断される。このため、ステージ定盤上に支持された基板ステージの移動時（駆動時）の反力が、第２の防振装置及び第２のベース部材までは伝わるが、第１のベース部材側に伝わることなく、基板ステージの移動時（駆動時）の反力が第１のベース部材上に搭載された本体コラムに支持された露光用光学系の振動要因となることがない。従って、露光用光学系の振動に起因する基板上に形成されたパターンの位置ずれや線幅均一性の劣化等を効果的に抑制して露光精度の向上を図ることができるとともに、基板ステージのより高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。

この場合、防振装置としては、床面からの微振動を絶縁する役目のみを有するパッシブ防振装置を用いても良いが、前記第１、第２の防振装置の少なくとも一方が、本体コラムあるいはステージ定盤の振動を積極的に制振できるアクティブ防振装置であることが望ましい。

本明細書において、アクティブ防振装置とは、内圧が制御可能なエアマウント、ボイスコイルモータ等のアクチュエータを備え、制振対象に取り付けられ

た振動センサ（例えば加速度計）の計測値に基づいて前記ボイスコイルモータ等を制御することにより制振対象物の振動を除去する機能を有する防振装置を意味する。

本発明に係る第１の露光装置では、例えば、前記第１の防振装置（５６Ａ～５６Ｃ）がアクティブ防振装置である場合には、前記第１のベース部材（ＢＰ１）と前記本体コラム（１４）との相対位置を計測するコラム位置計測装置（９８）と；前記コラム位置計測装置の計測値に基づいて前記第１の防振装置を制御する制御装置（５０）と、を更に備えていても良い。かかる場合には、コラム位置計測装置によって計測される第１のベース部材と本体コラムとの相対位置に基づいて制御装置により第１の防振装置が制御され、本体コラム、従ってこれに支持される露光用光学系を第１のベース部材を基準とした安定した位置に維持することができる。また、例えば本体コラムにマスクを保持するマスクステージが搭載される場合があるが、この場合、マスクステージの移動により生じる本体コラムの振動は本体コラムを支持するアクティブ防振装置によって抑制あるいは除去することができる。

また、本発明に係る第１の露光装置では、例えば、前記第２の防振装置（６６Ａ～６６Ｃ）がアクティブ防振装置である場合には、前記第１のベース部材（ＢＰ１）と前記ステージ定盤（１６）との相対位置を計測するステージ定盤位置計測装置（９４）と；前記ステージ定盤位置計測装置の計測値に基づいて前記第２の防振装置を制御する制御装置（５０）とを更に備えていても良い。かかる場合には、ステージ定盤位置計測装置によって計測される第１のベース部材とステージ定盤との相対位置に基づいて制御装置により第２の防振装置が制御され、ベース定盤を第１のベース部材を基準とする安定した位置に維持することができる。また、基板ステージの移動により生ずるステージ定盤の振動はアクティブ防振装置によって抑制あるいは除去することができる。

本発明に係る第１の露光装置では、前記本体コラムに対し、前記露光用光学

系をV溝、円錐溝及び平面で3点支持する支持部材を更に備えていても良い。かかる場合には、露光用光学系が支持部材を介して本体コラムに対していわゆるキネマティック支持されるので、本体コラムと露光用光学系との間で、モーメントは勿論、伸縮力も殆ど伝達されることがない。従って、露光用光学系の本体コラムに対する組み付けが容易で、しかも組み付け後の本体コラム及び露光用光学系の振動、温度変化、姿勢変化等に起因する応力を最も効果的に軽減できる。

本発明に係る第1の露光装置では、前記第2の防振装置がアクティブ防振装置である場合に、前記露光用光学系と前記ステージ定盤及び前記基板ステージのいずれかとの前記露光用光学系の光軸方向及び前記光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向の位置関係を光学的に計測する3自由度位置計測装置と；前記3自由度位置計測装置の計測値に基づいて前記第2の防振装置を制御する制御装置と、を更に備えていても良い。かかる場合には、3自由度位置計測装置により、露光用光学系と前記ステージ定盤及び前記基板ステージのいずれかとの前記露光用光学系の光軸方向及び前記光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向の位置関係が光学的に計測され、制御装置ではその3自由度位置計測装置の計測値に基づいて第2の防振装置を制御する。これにより、露光用光学系と基板ステージとの露光用光学系の光軸方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向の位置関係が調整される。従って、例えば基板表面の前記3自由度方向の位置・姿勢の検出が困難な場合であっても、露光用光学系と基板ステージとの3自由度方向の位置関係の調整、すなわちフォーカス・レベリング制御あるいはそのための追い込みが可能となる。

この場合において、前記本体コラムは、前記露光用光学系の鏡筒を支持する支持部材を有し、前記3自由度位置計測装置は、前記ステージ定盤及び前記基板ステージのいずれかと前記支持部材との間の距離を異なる3点で計測する干渉計(102)を備えることとすることができる。この場合において、前記干

渉計は、支持部材に固定されていても勿論良いが、前記露光用光学系の鏡筒に固定されていても良い。

あるいは、前記 3 自由度位置計測装置は、前記ステージ定盤及び前記基板ステージのいずれかと前記露光用光学系との間の距離を異なる 3 点で計測する干渉計を備えていても良い。

本発明に係る第 1 の露光装置では、前記本体コラム (14) に支持され、前記露光用光学系 (PL) により前記基板 (W) 上に投影される前記所定のパターンが形成されたマスク (R) を保持するマスク保持部材 (RST) を更に備える場合に、前記マスクを前記マスク保持部材に対して搬入及び搬出するマスク搬送系 (110) と前記基板を前記基板ステージ (WST) に対して搬入及び搬出する基板搬送系 (112) との少なくとも一方が前記第 1 のベース部材 (BP1) 上に搭載され、前記第 1 のベース部材と前記本体コラムとの相対位置を計測する位置計測システム (98) と；前記マスク保持部材及び前記基板ステージの少なくとも一方の位置を前記露光用光学系及び本体コラムの一部のいずれかを基準として計測する干渉計システム (46、90X、90Y) と；前記位置計測システム及び前記干渉計システムの計測値に基づいて前記第 1 のベース部材に搭載された前記搬送系を制御する制御装置 (50) と、を更に備えることとすることができる。このようにすると、例えば干渉計システムが、マスク保持部材の位置を露光用光学系 (又は本体コラムの一部) を基準として計測するものである場合、制御装置では、例えばマスク交換に際して、干渉計システムの計測値と位置計測システムの計測値とに基づいてマスク搬送系を制御することにより、搬送時の第 1 のベース部材を基準とするマスク保持部材の位置を定常的に一定に保つことができ、結果的にマスク保持部材上の所望の位置にマスクをロードすることができる。

また、例えば干渉計システムが、基板ステージの位置を露光用光学系 (又は本体コラムの一部) を基準として計測するものである場合、制御装置では、例

例えば基板交換時等に、干渉計システムの計測値と位置計測システムの計測値とに基づいて基板搬送系を制御することにより、第1のベース部材を基準とする基板ステージの位置を定常的に一定に保つことができ、結果的に基板ステージ上の所望の位置に基板をロードすることができる。

本発明に係る第1の露光装置では、前記マスクを照明する照明光学系（I L U）を更に備える場合、前記照明光学系は、前記第1、第2のベース部材とは独立して前記床面に載置された第3のベース部材（B P 3）上に搭載されていても良い。かかる場合には、第1、第2及び第3のベース部材上にそれぞれ搭載された物体相互間の振動の伝達を防止することができる。

本発明に係る第1の露光装置では、前記第1の防振装置（5 6 A～5 6 C）がアクティブ防振装置であり、前記所定のパターンが形成されたマスク（R）を保持するとともに、当該マスクを前記本体コラム（1 4）上でその面内の3自由度方向に微少駆動するマスク保持部材（R S T）と；前記マスクを照明する照明光学系（I L U）と；前記照明光学系を支持するアクティブ防振装置（1 1 6）と；前記照明光学系と前記本体コラムとの6自由度方向の相対位置を計測する6自由度位置計測装置（1 2 0）と；前記6自由度位置計測装置の計測値に基づいて前記マスク保持部材と前記第1の防振装置及び前記照明光学系を保持する前記アクティブ防振装置のいずれかとを制御する制御装置（5 0）と、を更に備えることとしても良い。かかる場合には、制御装置では、6自由度位置計測装置の計測値に基づいて求めた照明光学系と本体コラムとの6自由度方向の相対位置に基づいて、マスク保持部材を介してマスクをその面内の3自由度方向の位置を調整するとともに、第1の防振装置又は前記照明光学系を保持するアクティブ防振装置を制御することにより、照明光学系とマスクとの6自由度方向の相対位置関係を調整することができる。

本発明に係る第1の露光装置では、前記マスクは、前記露光用光学系の光軸に直交する面内で所定方向に所定ストロークで移動可能であり、前記マスクと

前記基板ステージとを同期して前記所定方向に駆動する駆動装置（４４、５０、７２）、を更に備えることとしても良い。かかる場合には、駆動装置によりマスクと基板ステージとが同期して露光用光学系の光軸に直交する面内で所定方向に駆動されることにより、いわゆる走査露光により露光用光学系によってマスクのパターンが基板上に精度良く転写される。

本発明は、第２の観点からすると、露光用光学系を用いて基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、前記露光用光学系を支持する本体コラムと；前記基板を保持するとともに、前記本体コラムとは独立して支持された基板ステージと；前記基板表面の少なくとも前記露光用光学系の光軸方向の位置を検出する焦点検出装置（１２１ａ、１２１ｂ）と；前記基板を少なくとも前記露光用光学系の光軸方向に駆動する基板駆動系（８８）と；前記焦点検出装置とは独立して設けられ、前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を計測する位置計測システム（９４、９８、１０２）と；前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を変化させる駆動装置（７０）と；前記焦点検出装置、基板駆動系、前記位置計測システム及び前記駆動装置に接続された制御装置（５０）と、を備え、前記制御装置は、露光の際に、前記位置計測システムによって計測された値に基づいて前記駆動装置を制御して前記露光用光学系と前記基板ステージとを所定の位置関係に設定するとともに、前記焦点検出装置の検出結果に基づいて前記基板駆動系を介して前記露光用光学系の像面と前記基板との相対位置を調整することを特徴とする第２の露光装置である。

露光用光学系を支持する本体コラムと基板を保持する基板ステージとが独立して支持されている場合、両者間で振動が伝達され難いという利点がある反面、両者がそれぞれ独立の挙動をするおそれがあり、このため露光時の基板のフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御に応答遅れ（時間遅れ）が生じるおそれがある。

しかるに、本発明によれば、露光の際に、制御装置により、位置計測システ

ムによって計測された値、すなわち露光用光学系と基板ステージとの位置関係の計測結果に基づいて駆動装置が制御され、露光用光学系と基板ステージとが所定の位置関係に設定されるとともに、焦点検出装置の検出結果に基づいて基板駆動系を介して露光用光学系の像面と基板との相対位置が調整される。すなわち、焦点検出装置の検出結果に基づく基板のフォーカス制御、あるいはフォーカス・レベリング制御の開始前に位置計測システムの検出結果に基づき露光用光学系と基板ステージとの位置関係が所定の位置関係に設定されるので、上述した基板のフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御に応答遅れが生じるのを回避することができ、高精度なフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御、ひいては露光制御の向上が可能である。この場合も、前述した第1の露光装置と同様の理由により、基板ステージのより高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。

ここで、上記の所定の位置関係は、例えば、基板駆動系による応答性を考慮した際に、フォーカスの引き込みが十分可能でフォーカス制御に応答遅れがないような範囲内に基板表面が位置する位置関係、すなわち基板表面が露光用光学系の焦点位置近傍に位置し、常に焦点検出装置の検出が可能となる位置関係である。

また、前記基板駆動系は、基板ステージ上に搭載され基板を少なくとも露光用光学系の光軸方向に駆動するものであっても良く、あるいは基板ステージを介して基板を少なくとも露光用光学系の光軸方向に駆動するものであっても良い。

さらに、本発明によれば、基板のフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御を、位置計測システムの検出結果に基づいて行うことができるので、焦点検出装置による検出が困難ないわゆるタミーショットの露光の際や、外内ショットかつエッジショットの露光の際にも基板のフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御を行なうことが可能になり、結果的に線幅制御性

の向上も可能である。

本発明に係る第2の露光装置では、前記位置計測システムは、前記露光用光学系の光軸方向及び前記光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向の前記位置関係を計測することとしても良い。

この場合において、前記位置計測システムは、露光用光学系を支持する本体コラムに固定されていても良いが、前記露光用光学系の鏡筒に固定されていても良い。

本発明に係る第2の露光装置では、前記基板ステージを支持するステージ支持部材を更に備える場合に、前記位置計測システムは、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との前記露光用光学系の光軸方向に関する位置関係を計測することとすることができる。かかる場合には、位置計測システムにより、露光用光学系とステージ支持部材との露光用光学系の光軸方向に関する位置関係が計測されるので、結果的に、露光用光学系とステージ支持部材に支持された基板ステージとの露光用光学系の光軸方向に関する位置関係が計測されることとなる。

この場合において、前記ステージ支持部材には前記位置関係を計測するための計測点が3点設けられ、前記位置計測システムは、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との間の距離を前記3点で計測することとしても良い。かかる場合には、その3点における距離の計測結果に基づいて、露光用光学系とステージ支持部材との露光用光学系の光軸方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向について露光用光学系とステージ支持部材、ひいては露光用光学系と基板ステージとの位置関係を求めることができる。

本発明に係る第2の露光装置では、前記本体コラムを支持するベース部材（B P 1）を更に備え、前記位置計測システムは、前記ベース部材と前記露光用光学系の位置関係を計測する第1の位置計測装置（9 8）と、前記ベース部材と前記ステージ支持部材との位置関係を計測する第2の位置計測装置（9 4）

とを有していても良い。かかる場合には、第1の位置計測装置によりベース部材と前記露光用光学系の位置関係が計測され、第2の位置計測装置によりベース部材と前記ステージ支持部材との位置関係が計測されるので、第1の位置計測装置と第2の位置計測装置との計測結果に基づいて露光用光学系とステージ支持部材との位置関係、すなわち露光用光学系と基板ステージとの位置関係を求めることができる。

この場合において、前記第1の位置計測装置及び前記第2の位置計測装置の少なくとも一方は、前記位置関係として6自由度方向の相対位置を求めることとしても良い。

本発明は、第3の観点からすると、露光用光学系を用いて、該露光用光学系を支持する本体コラムとは独立して支持された基板ステージ上の基板上に所定のパターンを形成する露光方法であって、前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を計測する第1工程と；前記第1工程で計測された値に基づいて前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を所定の状態に設定する第2工程と；前記第2工程で前記所定の状態が設定された状態で、前記基板表面の少なくとも前記露光用光学系の光軸方向の位置の検出結果に基づいて前記露光用光学系の像面と前記基板表面との相対位置を調整しつつ前記基板上に前記パターンを形成する第3工程とを含む露光方法である。

前述の如く、露光用光学系を支持する本体コラムと基板を保持する基板ステージとが独立して支持されている場合、両者間で振動が伝達され難いという利点がある反面、露光時の基板のフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御に応答遅れ（時間遅れ）が生じるおそれがある。

しかるに、本発明によれば、第1工程で露光用光学系と基板ステージとの位置関係が計測され、第2工程でその計測された値、すなわち露光用光学系と基板ステージとの位置関係の計測結果に基づいて露光用光学系と基板ステージとの位置関係が所定の状態に設定される。そして、第3工程で、所定の状態が設

定された状態で、基板表面の少なくとも露光用光学系の光軸方向の位置の検出結果に基づいて露光用光学系の像面と基板表面との相対位置を調整して基板上にパターンが形成される。

従って、第 3 工程における基板表面の露光用光学系の光軸方向の位置の検出結果に基づく基板のフォーカス制御、あるいはフォーカス・レベリング制御の開始前に、第 2 工程において第 1 工程の計測結果に基づき露光用光学系と基板ステージとの位置関係が所定の状態に設定される。そのため、上述した基板のフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御に応答遅れが生じるのを回避することができ、高精度なフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御、ひいては露光制御の向上が可能である。

ここで、上記所定の状態は、例えば、基板を駆動する系の応答性を考慮した際に、フォーカスの引き込みが十分可能でフォーカス制御に応答遅れがでないような範囲内に基板表面が位置する状態、すなわち基板表面が露光用光学系の焦点位置近傍に位置し、常に焦点検出装置の検出が可能となる状態である。この場合も、前述と同様、基板ステージのより高速化、大型化が可能であるためスループットの向上をも図ることができる。

この場合において、前記第 1 工程では、前記露光用光学系の光軸方向及び前記光軸直交面に対する傾斜方向の 3 自由度方向の前記位置関係を計測することとしても良い。

本発明に係る露光方法では、第 1 工程において露光用光学系を支持する本体コラムに固定された位置計測システムを用いて前記計測を行っても良いが、前記第 1 工程では、前記露光用光学系の鏡筒に固定された位置計測システムを用いて前記計測を行っても良い。

本発明に係る露光方法では、前記基板ステージはステージ支持部材によって支持されている場合には、前記第 1 工程では、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との前記露光用光学系の光軸方向に関する位置関係を計測すること

としても良い。かかる場合には、第1工程で、露光用光学系とステージ支持部材との露光用光学系の光軸方向に関する位置関係が計測されるので、結果的に、露光用光学系とステージ支持部材に支持された基板ステージとの露光用光学系の光軸方向に関する位置関係が計測されることとなる。

この場合において、前記第1工程では、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との間の距離を前記ステージ支持部材上に設定された異なる3点の計測点において計測することとしても良い。かかる場合には、その3点における距離の計測結果に基づいて、露光用光学系とステージ支持部材との露光用光学系の光軸方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向について露光用光学系とステージ支持部材、ひいては露光用光学系と基板ステージとの位置関係を求めることができる。

本発明に係る露光方法では、前記本体コラムがベース部材によって支持される場合には、前記第1工程は、前記ベース部材と前記露光用光学系の位置関係を計測する第1計測工程と、前記ベース部材と前記ステージ支持部材との位置関係を計測する第2計測工程とを含むこととすることができる。かかる場合には、第1計測工程でベース部材と前記露光用光学系の位置関係が計測され、第2計測工程でベース部材と前記ステージ支持部材との位置関係が計測されるので、第1計測工程と第2計測工程との計測結果に基づいて露光用光学系とステージ支持部材との位置関係、すなわち露光用光学系と基板ステージとの位置関係を求めることができる。

この場合において、前記第1計測工程及び第2計測工程の少なくとも一方では、前記位置関係として6自由度方向の相対位置を求めることとしても良い。

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光方法を用いて露光を行うことにより、基板上に複数層のパターンを重ね合せ精度良く形成することができ、これにより、より高集積度のマイクロデバイスを歩留まり良く製造することができ、その生産性を向上させることができる。同様に、リソグラフィ工程に

において、本発明の露光装置を用いて露光を行うことにより、基板上に複数層のパターンを重ね合せ精度良く形成することができる。従って、より高集積度のマイクロデバイスを歩留まり良く製造することができ、その生産性を向上させることができる。従って、本発明は別の観点からすると、本発明の露光方法又は本発明の露光装置を用いるデバイス製造方法であり、また、該製造方法によって製造されたデバイスであるとも言える。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

図 2 は、図 1 の装置の本体コラムの一部を構成する鏡筒定盤より下方の構成各部の図 1 の右側面図を一部断面して示す図である。

図 3 は、図 1 の装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

図 4 は、図 1 のレチクルステージ近傍を示す斜視図である。

図 5 は、フランジ F L G に対向する鏡筒定盤部分を示す平面図である。

図 6 A は図 5 の A - A 線断面図、図 6 B は図 5 の B - B 線断面図、図 6 C は図 5 の C - C 線断面図である。

図 7 は、図 1 の位置決め定盤 B P 1 とステージ定盤 1 6 との相対位置を計測する位置センサの構成を説明するための図である。

図 8 は、本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

図 9 は、図 8 のステップ 3 0 4 における処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態を図 1 ～図 7 に基づいて説明する。図 1 には、一実施形態の露光装置 1 0 の全体構成が概略的に示されている。この露光装置 1 0 は、マスクとしてのレチクル R と基板としてのウエハ W とを一次元方向（こ

こではY軸方向とする)に同期移動しつつ、レチクルRに形成された回路パターンを投影光学系PLを介してウエハW上の各ショット領域に転写する、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパである。

露光装置10は、光源12、この光源12からの照明光によりレチクルRを照明する照明光学系としての照明ユニットILLU、レチクルRを保持するマスク保持部材としてのレチクルステージRST、レチクルRから射出される照明光(紫外パルス光)をウエハW上に投射する露光用光学系としての投影光学系PL、ウエハWを保持する基板ステージとしてのウエハステージWST、投影光学系PL及びレチクルステージRSTを支持する本体コラム14、ウエハステージWSTを支持するステージ定盤16、本体コラム14及びステージ定盤16の振動を抑制あるいは除去する防振システム、及びこれらの制御系等を備えている。

前記光源12としては、ここでは波長192~194nmの間で酸素の吸収帯を避けるように狭帯化されたArFエキシマレーザ光を出力するArFエキシマレーザ光源が用いられており、この光源12の本体は、防振台18を介して半導体製造工場のクリーンルーム内の床面FD上に設置されている。光源12には、光源制御装置13(図1では図示せず、図3参照)が併設されており、この光源制御装置13では、後述する主制御装置50(図1では図示せず、図3参照)からの指示に応じて、射出される紫外パルス光の発振中心波長及びスペクトル半値幅の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバ内のガスの制御等を行うようになっている。

なお、光源12をクリーンルームよりクリーン度が低い別の部屋(サービスルーム)あるいはクリーンルームの床下に設けられたユーティリティスペースに設置しても構わない。

光源12は遮光性のベローズ20及びパイプ22を介してビームマッチング

ユニットBMUの一端（入射端）に接続されており、このビームマッチングユニットBMUの他端（出射端）は、パイプ24を介して照明ユニットILUに接続されている。

前記ビームマッチングユニットBMU内には、複数の可動反射鏡（図示省略）が設けられており、主制御装置50ではこれらの可動反射鏡を用いて光源12からベローズ20及びパイプ22を介して入射する狭帯化された紫外パルス光（ArFエキシマレーザー光）の光路を次に述べる照明ユニットILUとの間で位置的にマッチングさせる、すなわち照明ユニットILUの光軸に対して、常に所定の位置関係で入射するように、紫外パルス光の照明ユニットILUへの入射位置や入射角度を最適に調整する。

前記照明ユニットILUは、内部を外気に対して気密状態にする照明系ハウジング26と、この照明系ハウジング26内に所定の位置関係で収納された可変減光器28A、ビーム整形光学系28B、第1フライアイレンズ系28C、振動ミラー28D、集光レンズ系28E、ミラー28F、第2フライアイレンズ系28G、照明系開口絞り板28H、ビームスプリッタ28J、第1リレーレンズ28K、レチクルブラインド機構28M、第2リレーレンズ28N、ミラー28Q、及び主コンデンサーレンズ系28R等とから構成される。

前記照明系ハウジング26内には、空気（酸素）の含有濃度を数%以下、望ましくは1%未満にしたクリーンな乾燥窒素ガス（N₂）やヘリウムガス（He）が充填されている。

ここで、照明系ハウジング26内の上記構成各部について説明する。可変減光器28Aは、紫外パルス光のパルス毎の平均エネルギーを調整するためのもので、例えば減光率が異なる複数の光学フィルタを切り換え可能に構成して減光率を段階的に変更するものや、透過率が連続的に変化する2枚の光学フィルタの重なり具合を調整することにより減光率を連続的に可変にするものが用いられる。かかる可変減光器の一例は、例えば特開平3-179357号公報及び

これに対応する米国特許第 5, 191, 374 号に詳細に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この可変減光器 28 A を構成する光学フィルタは、主制御装置 50 の管理下にある後述する照明制御装置 30（図 1 では図示せず、図 3 参照）によって制御されるモータを含む駆動機構 29 によって駆動される。

ビーム整形光学系 28 B は、可変減光器 28 A によって所定のピーク強度に調整された紫外パルス光の断面形状を該紫外パルス光の光路後方に設けられた後述するダブルフライアイレンズ系の入射端を構成する第 1 フライアイレンズ系 28 C の入射端の全体形状と相似になるように整形して該第 1 フライアイレンズ系 28 C に効率よく入射させるもので、例えばシリンダレンズやビームエキスパンダ（いずれも図示省略）等で構成される。

前記ダブルフライアイレンズ系は、照明光の強度分布を一様化するためのもので、ビーム整形光学系 28 B 後方の紫外パルス光の光路上に順次配置された第 1 フライアイレンズ系 28 C と、集光レンズ 28 E と、第 2 フライアイレンズ系 28 G とから構成される。この場合、第 1 フライアイレンズ系 28 C と集光レンズ 28 E との間には、被照射面（レチクル面又はウエハ面）に生じる干渉縞や微弱なスペックルを平滑化するための振動ミラー 28 D が配置されている。この振動ミラー 28 D の振動（偏向角）は不図示の駆動系を介して主制御装置 50 の管理下にある照明制御装置 30 によって制御されるようになっている。

本実施形態のようなダブルフライアイレンズ系と振動ミラーとを組み合わせた構成については、例えば特開平 1-235289 号公報、特開平 7-142354 号公報並びにこれらに対応する米国特許第 5, 307, 207 号、第 5, 534, 970 号などに詳細に開示されており、本国際出願で指定した指定

国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及び各米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

前記第2フライアイレンズ系28Gの射出面の近傍に、円板状部材から成る照明系開口絞り板28Hが配置されている。この照明系開口絞り板28Hには、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口より成る開口絞り、小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り、及び変形光源法用に例えば4つの開口を偏心させて配置して成る変形開口絞り等が配置されている。この照明系開口絞り板28Hは、照明制御装置30により制御される不図示のモータ等により回転されるようになっており、これによりいずれかの開口絞りが紫外パルス光の光路上に選択的に設定され、後述するケーラー照明における光源面形状が輪帯、小円形、大円形、或いは4つ目等に制限される。

照明系開口絞り板28H後方の紫外パルス光の光路上に、反射率が大きく透過率が小さなビームスプリッタ28Jが配置され、更にこの後方の光路上に、レチクルブラインド機構28Mを介在させて第1リレーレンズ28K及び第2リレーレンズ28Nから成るリレー光学系が配置されている。

レチクルブラインド機構28Mは、レチクルRのパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、レチクルR上の照明領域を規定する所定形状の開口部が形成された固定レチクルブラインドと、この固定レチクルブラインドの近傍の位置に配置され、走査方向に対応する方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動レチクルブラインドとを含んで構成されている。固定レチクルブラインドの開口部は、投影光学系PLの円形視野内の中央で走査露光時のレチクルRの移動方向（Y軸方向）と直交したX軸方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状に形成されているものとする。

この場合、走査露光の開始時及び終了時に可動レチクルブラインドを介して照明領域を更に制限することによって、不要な部分の露光が防止されるように

なっている。この可動レチクルブラインドは、不図示の駆動系を介して主制御装置 50 によって制御される。

前記リレー光学系を構成する第 2 リレーレンズ 28 N の後方の紫外パルス光の光路上には、第 2 リレーレンズ 28 N を通過した紫外パルス光をレチクル R に向けて反射するミラー 28 Q が配置され、このミラー 28 Q 後方の紫外パルス光の光路上に主コンデンサーレンズ系 28 R が配置されている。

以上の構成において、第 1 フライアイレンズ 28 C の入射面、第 2 フライアイレンズ 28 G の入射面、レチクルブラインド機構 28 M の可動レチクルブラインドの配置面、レチクル R のパターン面は、光学的に互いに共役に設定され、第 1 フライアイレンズ系 28 C の射出面側に形成される光源面、第 2 フライアイレンズ系 28 G の射出面側に形成される光源面、投影光学系 P L のフーリエ変換面（射出瞳面）は光学的に互いに共役に設定され、ケーラー照明系となっている。

このようにして構成された照明ユニット I L U の作用を簡単に説明すると、光源 1 2 からの紫外パルス光がビームマッチングユニット B M U を介して照明ユニット I L U 内に入射すると、この紫外パルス光は可変減光器 28 A により所定のピーク強度に調整された後、ビーム整形光学系 28 B に入射する。そして、この紫外パルス光は、ビーム整形光学系 28 B で後方の第 1 フライアイレンズ系 28 C に効率よく入射するようにその断面形状が整形される。次いで、この紫外パルス光がミラー 28 F を介して第 1 フライアイレンズ系 28 C に入射すると、第 1 フライアイレンズ系 28 C の射出端側に面光源、すなわち多数の光源像（点光源）から成る 2 次光源が形成される。これらの多数の点光源の各々から発散する紫外パルス光は、振動ミラー 28 D、集光レンズ系 28 E を介して第 2 フライアイレンズ系 28 G に入射する。これにより、第 2 フライアイレンズ系 28 G の射出端に多数の微少な光源像を所定形状の領域内に一様分布させた 3 次光源が形成される。この多数の 3 次光源から射出された紫外パル

ス光は、照明系開口絞り板 28 H 上のいずれかの開口絞りを通過した後、反射率が大きく透過率が小さなビームスプリッタ 28 J に至る。

このビームスプリッタ 28 J で反射された露光光としての紫外パルス光は、第 1 リレーレンズ 28 K によってレチクルブラインド機構 28 M を構成する固定レチクルブラインドの開口部を一様な強度分布で照明する。但し、その強度分布には、光源 12 からの紫外パルス光の可干渉性に依存した干渉縞や微弱なスペックルが数%程度のコントラストで重畳し得る。そのためウエハ面上には、干渉縞や微弱なスペックルによる露光量むらが生じ得るが、その露光量むらは先に挙げた特開平 7-142354 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,534,970 号のように、走査露光時のレチクル R やウエハ W の移動と紫外パルス光の発振とに同期させて振動ミラー 28 D を振ることで平滑化される。

こうして固定レチクルブラインドの開口部を通った紫外パルス光は、可動レチクルブラインドを通過した後、第 2 リレーレンズ 28 N を通過してミラー 28 Q によって光路が垂直下方に折り曲げられた後、主コンデンサーレンズ系 28 R を経て、レチクルステージ R S T 上に保持されたレチクル R 上の所定の照明領域（X 軸方向に直線的に伸びたスリット状又は矩形状の照明領域）を均一な照度分布で照明する。ここで、レチクル R に照射される矩形スリット状の照明光は、図 1 中の投影光学系 P L の円形投影視野の中央に X 軸方向（非走査方向）に細長く延びるように設定され、その照明光の Y 軸方向（走査方向）の幅はほぼ一定に設定されている。

一方、ビームスプリッタ 28 J を透過した紫外パルス光は、集光レンズ 32 を介して光電変換素子よりなるインテグレータセンサ 34 に入射し、そこで光電変換される。そして、このインテグレータセンサ 34 の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及び A/D 変換器を介して主制御装置 50 に供給される。インテグレータセンサ 34 としては、例えば遠紫外域で感度があり、且

つ光源 1 2 のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有する P I N 型のフォトダイオード等が使用できる。このインテグレータセンサ 3 4 の出力と、ウエハ W の表面上での紫外パルス光の照度（露光量）との相関係数は予め求められて、主制御装置 5 0 内のメモリに記憶されている。

さらに、照明系ハウジング 2 6 内のレチクル R 側からの反射光の光路上には、集光レンズ 3 6 及びインテグレータセンサ 3 4 と同様の受光素子から成る反射光モニタ 3 8 が配置されている。レチクル R のパターン面からの反射光は、主コンデンサレンズ系 2 8 R、ミラー 2 8 Q、第 2 リレーレンズ 2 8 N、可動レチクルブラインド、固定レチクルブラインドの開口部、第 1 リレーレンズ 2 8 K を経て、ビームスプリッタ 2 8 J を透過し、集光レンズ 3 6 を介して反射光モニタ 3 8 に入射し、そこで光電変換される。この反射光モニタ 3 8 の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及び A / D 変換器等を介して主制御装置 5 0 に供給される。この反射光モニタ 3 8 は、主として、レチクル R の透過率測定の際に用いられる。

なお、照明ユニット I L U の支持構造等については、後に詳述する。

前記レチクルステージ R S T は、後述する本体コラム 1 4 を構成する支持コラム 4 0 の上方に水平に固定されたレチクルベース定盤 4 2 上に配置されている。レチクルステージ R S T は、レチクル R をレチクルベース定盤 4 2 上で Y 方向に大きなストロークで直線駆動するとともに、X 方向と θz 方向（Z 軸回りの回転方向）に関しても微小駆動が可能な構成となっている。

これを更に詳述すると、レチクルステージ R S T は、図 4 に示されるように、レチクルベース定盤 4 2 上を一对の Y リニアモータ 2 0 2 A、2 0 2 B によって Y 方向に所定ストロークで駆動されるレチクル粗動ステージ 2 0 4 と、このレチクル粗動ステージ 2 0 4 上を一对の X ボイスコイルモータ 2 0 6 X と一对の Y ボイスコイルモータ 2 0 6 Y とによって X、Y、 θz 方向に微小駆動されるレチクル微動ステージ 2 0 8 とを含んで構成されている。

前記一方のＹリニアモータ２０２Ａは、レチクルベース定盤４２上に複数のエアベアリング（エアパッド）２１０によって浮上支持されＹ軸方向に延びる固定子２１２Ａと、この固定子２１２Ａに対応して設けられ、連結部材２１６Ａを介してレチクル粗動ステージ２０４に固定された可動子２１４Ａとから構成されている。他方のＹリニアモータ２０２Ｂは、上記と同様に、複数のエアベアリング（図示省略）によってレチクルベース定盤４２上に浮上支持されＹ軸方向に延びる固定子２１２Ｂと、この固定子２１２Ｂに対応して設けられ、連結部材２１６Ｂを介してレチクル粗動ステージ２０４に固定された可動子２１４Ｂとから構成されている。

レチクル粗動ステージ２０４は、レチクルベース定盤４２の中央部に形成された上部突出部４２ａの上面に固定されＹ軸方向に延びる一対のＹガイド２１８Ａ、２１８ＢによってＹ軸方向に案内されるようになっている。また、レチクル粗動ステージ２０４は、これらのＹガイド２１８Ａ、２１８Ｂに対して不図示のエアベアリングによって非接触で支持されている。

前記レチクル微動ステージ２０８には、その中央部に開口部が形成されており、この開口部内に不図示のバキュームチャックを介してレチクルＲが吸着保持されるようになっている。

この場合、レチクル粗動ステージ２０４が、レチクル微動ステージ２０８と一体で走査方向（Ｙ軸方向）に移動する際には、レチクル粗動ステージ２０４に固定されたＹリニアモータ２０２Ａ、２０２Ｂの可動子２１４Ａ、２１４Ｂと固定子２１２Ａ、２１２Ｂとが相対的に逆方向に移動する。すなわち、レチクルステージＲＳＴと固定子２１２Ａ、２１２Ｂとが相対的に逆方向に移動する。レチクルステージＲＳＴと固定子２１２Ａ、２１２Ｂとレチクルベース定盤４２との３者間の摩擦が零である場合には、運動量保存の法則が成立し、レチクルステージＲＳＴの移動に伴う固定子２１２Ａ、２１２Ｂの移動量は、レチクルステージＲＳＴ全体（レチクル粗動ステージ２０４、連結部材２１６Ａ

、 216 B、可動子 214 A、 214 B、レチクル微動ステージ 208、レチクル R 等）と固定子全体（固定子 212 A、 212 B、エアベアリング 210 等）の重量比で決定される。このため、レチクルステージ R S T の走査方向の加減速時の反力は固定子 212 A、 212 B の移動によって吸収されるので、上記反力によってレチクルベース定盤 42 が振動するのを効果的に防止することができる。また、レチクルステージ R S T と固定子 212 A、 212 B とが相対的に逆方向に移動して、レチクルステージ R S T、レチクルステージ定盤 42 等を含む系の全体の重心位置が所定の位置に維持されるので、重心位置の移動による偏荷重が発生しないようになっている。かかる詳細は、例えば、特開平 8-63231 号公報及びこれに対応する米国特許出願第 09/260, 544 号に開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

図 1 に戻り、前記レチクルステージ R S T の一部には、その位置や移動量を計測するための干渉計システムとしてのレチクルレーザ干渉計 46 からの測長ビームを反射する移動鏡 48 が取り付けられている。レチクルレーザ干渉計 46 は、支持コラム 40 の上端部に固定されている。

これを更に詳述すると、図 4 に示されるように、レチクル微動ステージ 208 の-Y 方向の端部には、コーナーキューブから成る一対の Y 移動鏡 48_{y1} 、 48_{y2} が固定され、また、レチクル微動ステージ 208 の-X 方向の端部には、Y 軸方向に延びる平面ミラーから成る X 移動鏡 48_x が固定されている。そして、これらの移動鏡 48_{y1} 、 48_{y2} 、 48_x に対して測長ビームを照射する 3 つのレーザ干渉計が実際には支持コラム 40 の上端部に固定されているが、図 1 においては、これらが代表的にレチクルレーザ干渉計 46、移動鏡 48 として示されている。また、各レーザ干渉計に対応した固定鏡は、投影光学系 PL の鏡筒の側面、あるいは各干渉計本体内に設けられている。そして、上記 3 つ

のレチクルレーザ干渉計によってレチクルステージ R S T（具体的にはレチクル微動ステージ 208）の X, Y, θ_z 方向の位置計測が投影光学系 P L（又は本体コラムの一部）を基準としてそれぞれ行われるが、以下の説明においては、便宜上、レチクルレーザ干渉計 46 によって投影光学系 P L（又は本体コラムの一部）を基準として X, Y, θ_z 方向位置計測が同時に個別に行われるものとする。また、以下においては、必要に応じて、上記の Y リニアモータ 202 A、202 B、一対の X ボイスコイルモータ 206 X と一対の Y ボイスコイルモータ 206 Y とによって、レチクルステージ R S T を X, Y, θ_z 方向に駆動する駆動ユニット 44（図 3 参照）が構成されているものとして説明を行う。

上記のレチクルレーザ干渉計 46 によって計測されるレチクルステージ R S T（即ちレチクル R）の位置情報（又は速度情報）は主制御装置 50 に送られる（図 3 参照）。主制御装置 50 は、基本的にはレチクルレーザ干渉計 46 から出力される位置情報（或いは速度情報）が指令値（目標位置、目標速度）と一致するように上記駆動ユニット 44 を構成するリニアモータ、ボイスコイルモータ等を制御する。

前記投影光学系 P L としては、ここでは、物体面（レチクル R）側と像面（ウエハ W）側の両方がテレセントリックで円形の投影視野を有し、石英や螢石を光学硝材とした屈折光学素子（レンズ素子）のみから成る $1/4$ （又は $1/5$ ）縮小倍率の屈折光学系が使用されている。このため、レチクル R に紫外パルス光が照射されると、レチクル R 上の回路パターン領域のうちの紫外パルス光によって照明された部分からの結像光束が投影光学系 P L に入射し、その回路パターンの部分倒立像が紫外パルス光の各パルス照射の度に投影光学系 P L の像面側の円形視野の中央にスリット状または矩形状（多角形）に制限されて結像される。これにより、投影された回路パターンの部分倒立像は、投影光学系 P L の結像面に配置されたウエハ W 上の複数のショット領域のうちの 1 つの

ショット領域表面のレジスト層に縮小転写される。

なお、投影光学系 P L を特開平 3 - 2 8 2 5 2 7 号公報及びこれに対応する米国特許第 5, 2 2 0, 4 5 4 号に開示されているように屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡やビームスプリッタ等）とを組み合わせたいわゆるカタディオプトリック系としても良いことは勿論である。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及びこれに対応する米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

さらに、本実施形態では、走査露光時に発生するダイナミックな歪曲収差、特に円形視野内の実効的な像投影領域（固定レチクルブラインドの開口部で規定）に形成される投影像に含まれるランダムなディストーション成分を有効に低減させるための像歪み補正板 5 1 が、投影光学系 P L とレチクル R との間に配置されている。この補正板 5 1 は、数ミリ程度の厚みを持つ平行な石英板の表面を局所的に波長オーダーで研磨加工し、その研磨部分を通る結像光束の主光線を微小に偏向させるものである。このような補正板の作り方の一例は、特開平 8 - 2 0 3 8 0 5 号公報及びこれに対応する米国出願番号 0 8 / 5 8 1, 0 1 6 号に詳細に開示されており、本実施形態においても基本的にはその公報及び対応米国特許に示された手法を応用するものとする。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、投影光学系 P L には、内部の特定のレンズ素子を光軸方向に平行移動させたり、微小傾斜させたりすることで、結像特性（投影倍率やある種のディストーション）を、露光すべきウエハ W 上のショット領域の歪み状態の検出結果、投影光路内の媒体（光学素子や充填される気体）の温度変化の検出結果、大気圧変化による投影光学系 P L 内の内圧変化の検出結果に基づいて自動調整するためのアクチュエータ 5 1 A、5 1 B が設けられている。これらのアクチュエータ 5 1 A、5 1 B は主制御装置 5 0 の管理下にあるレンズコントローラ

5 2（図 1 では図示せず、図 3 参照）によって制御される。

前記本体コラム 1 4 は、床面 F D に水平に載置された装置の基準となる第 1 のベース部材としての第 1 の位置決め定盤 B P 1 上に設けられた 3 本の支柱 5 4 A ~ 5 4 C（但し、図 1 においては紙面奥側の支柱 5 4 C は図示せず、図 2 参照）及びこれらの支柱 5 4 A ~ 5 4 C の上部に固定された第 1 の防振装置としての防振ユニット 5 6 A ~ 5 6 C（但し、図 1 においては紙面奥側の防振ユニット 5 6 C は図示せず、図 2 参照）を介してほぼ水平に支持された鏡筒定盤 5 8 と、この鏡筒定盤 5 8 上に立設された前記支持コラム 4 0 とによって構成されている。

前記位置決め定盤 B P 1 としては、本実施形態では、平面視で一部に矩形の開口が形成された矩形状、すなわち矩形枠状のものが用いられている。

図 2 には、図 1 の露光装置 1 0 の本体コラム 1 4 の一部を構成する鏡筒定盤 5 8 より下方の構成各部の図 1 の右側面図が一部断面して示されている。この図 2 に示されるように、前記防振ユニット 5 6 B は、支柱 5 4 B の上部に直列に配置された内圧が調整可能なエアマウント 6 0 とボイスコイルモータ 6 2 とを含んで構成されている。残りの防振ユニット 5 6 A、5 6 C も、同様に支柱 5 4 A、5 4 C の上部にそれぞれ直列に配置されたエアマウント 6 0 とボイスコイルモータ 6 2 とを含んで構成されている。防振ユニット 5 6 A ~ 5 6 C によって、第 1 の位置決め定盤 B P 1 及び支柱 5 4 A ~ 5 4 C を介して鏡筒定盤 5 8 に伝わる床面 F D からの微振動がマイクロ G レベルで絶縁されるようになっている。

前記鏡筒定盤 5 8 は鋳物等で構成されており、その中央部の開口 5 8 a の内部に投影光学系 P L がその光軸 A X 方向を Z 軸方向として上方から挿入されている。投影光学系 P L の鏡筒部の外周部には、該鏡筒部に一体化された支持部材としてのフランジ F L G が設けられている。このフランジ F L G の素材としては、低熱膨張の材質、例えばインバー（Inver；ニッケル 3 6 %、マンガン

0.25%、及び微量の炭素と他の元素を含む鉄からなる低膨張の合金) が用いられており、このフランジFLGは、投影光学系PLを鏡筒定盤58に対して支持するいわゆるキネマティック支持マウントを構成している。

ここで、このキネマティック支持マウントの構成について図5及び図6A～図6Cを用いて簡単に説明する。図5は、フランジFLGに対向する部分の鏡筒定盤58の平面図を示し、図6A、図6B、図6Cは、図5のA-A線断面図、B-B線断面図、C-C線断面図をそれぞれ示す。

これらの図を総合すると明らかなように、フランジFLGの下面には、投影光学系PLとほぼ同心の円周上ほぼ120°間隔で3つの半球状の凸部152a、152b、152cが一体的に形成されており、これらの凸部152a、152b、152cがそれぞれ係合する円錐溝154aとV形溝154bと遊合溝(内底面が平面の円形の穴)154cが鏡筒定盤58の上面に形成されている。そして、上記3つ凸部152a、152b、152cと円錐溝154a、V形溝154b、遊合溝154cとがそれぞれ係合した状態で、投影光学系PLがフランジFLGを介して鏡筒定盤58上にいわゆるキネマティック支持されている。このようなキネマティック支持構造を採用すると、投影光学系PLの鏡筒定盤58に対する組み付けが容易で、しかも組み付け後の鏡筒定盤58及び投影光学系PLの振動、温度変化、姿勢変化等に起因する応力を最も効果的に軽減できるという利点がある。

次にウエハステージWSTの近傍の構成各部について、図1及び図2に基づいて説明する。

ウエハステージWSTの底面には、図2に示されるように、複数のエアベアリング(エアパッド)64が固定されており、これらのエアベアリング64によってウエハステージWSTがステージ定盤16上に例えば数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されている。

ステージ定盤16は、前述した第1の位置決め定盤BP1の矩形の開口部内

に配置され床面 F D に載置された第 2 のベース部材としての第 2 の位置決め定盤 B P 2 の上方に、アクティブなアクチュエータを含む 3 つの第 2 の防振装置としての防振ユニット 6 6 A ~ 6 6 C (図 1 においては紙面奥側の防振ユニット 6 6 C は図示せず、図 2 参照) を介してほぼ水平に保持されている。防振ユニット 6 6 B は、図 2 に示されるように、エアマウント 6 8 とボイスコイルモータ 7 0 とを含んで構成されている。残りの防振ユニット 6 6 A、6 6 C も同様にエアマウント 6 8 とボイスコイルモータ 7 0 とによって構成されている。防振ユニット 6 6 A ~ 6 6 C によって、第 2 の位置決め定盤 B P 2 を介してステージ定盤 1 6 に伝わる床面からの微振動がマイクロ G レベルで絶縁できるようになっている。

前記ウエハステージ W S T は、2 組みのリニアモータを含む駆動ユニット 7 2 (図 1 では図示せず、図 3 参照) によって、ステージ定盤 1 6 上を X Y 2 次元方向に駆動されるようになっている。これをさらに詳述すると、ウエハステージ W S T の X 方向駆動は、図 1 に示される一対のリニアモータ 7 4 A、7 4 B によって行われる。これらのリニアモータ 7 4 A、7 4 B の固定子は、ウエハステージ W S T の Y 方向両外側に X 方向に沿って延設されており、一対の連結部材 7 6 によって両端部相互間が連結され、矩形の枠体 7 8 (図 2 参照) が形成されている。リニアモータ 7 4 A、7 4 B の可動子は、ウエハステージ W S T の Y 方向両側面に突設されている。

また、枠体 7 8 を構成する一対の連結部材 7 6 又は前記リニアモータ 7 4 A、7 4 B の固定子の下端面には、図 2 に示されるように、電機子ユニット 8 0 A、8 0 B がそれぞれ設けられており、これらの電機子ユニット 8 0 A、8 0 B に対応して一対の磁石ユニット 8 2 A、8 2 B が Y 方向に延設されている。これらの磁石ユニット 8 2 A、8 2 B は、第 2 の位置決め定盤 B P 2 の上面に Y 方向に延設された一対のフレーム 8 4 A、8 4 B の上面に固定されている。この場合、前記電機子ユニット 8 0 A と磁石ユニット 8 2 A とによってムービ

ングコイル型のリニアモータ 8 6 A が構成され、同様に前記電機子ユニット 8 0 B と磁石ユニット 8 2 B とによってムービングコイル型のリニアモータ 8 6 B が構成されている。そして、これらのリニアモータ 8 6 A、8 6 B によって枠体 7 8 と一体的にウエハステージ W S T が Y 方向に駆動されるようになっている。

すなわち、このようにして、2 組のリニアモータ 7 4 A、7 4 B、8 6 A、8 6 B を含む駆動ユニット 7 2 が構成され、この駆動ユニット 7 2 によってウエハステージ W S T が投影光学系 P L の像面と平行な X Y 平面に沿って 2 次元的に駆動されるようになっている。本実施形態では、駆動ユニット 7 2 はステージ定盤 1 6 の外部のフレーム 8 4 A、8 4 B によって独立して支持されているので、ウエハステージ W S T の X Y 平面内での加速時や減速時に発生する反力は、フレーム 8 4 A、8 4 B を介して位置決め定盤 B P 2 に直接伝わるが、ステージ定盤 1 6 に伝わらないようになっている。

ウエハステージ W S T の上面に、ウエハホルダ 8 8 を介してウエハ W が真空吸着等によって固定されている。ウエハステージ W S T の X Y 位置は、図 1 及び図 2 に示されるように、投影光学系 P L の鏡筒下端にそれぞれ固定された参照鏡 M r 1、M r 2 を基準としてウエハステージ W S T の一部に固定された移動鏡 M s 1、M s 2 の位置変化を計測するレーザ干渉計 9 0 Y、9 0 X によって所定の分解能、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能でリアルタイムに計測される。これらのレーザ干渉計 9 0 Y、9 0 X の計測値は、主制御装置 5 0 に供給されるようになっている（図 3 参照）。すなわち、レーザ干渉計 9 0 Y 及びレーザ干渉計 9 0 X によって、ウエハステージ W S T の位置を投影光学系 P L を基準として計測する干渉計システムが構成されている。ここで、レーザ干渉計 9 0 Y、9 0 X の少なくとも一方は、測長軸を 2 軸以上有する多軸干渉計であり、従って、主制御装置では、レーザ干渉計 9 0 Y、9 0 X の計測値に基づいて、ウエハステージ W S T の X Y 位置のみならず、 θz 回転量、あるいはこ

れらに加えレベリング量をも求めることができるようになっている。

前記ウエハホルダ 88 は、図 2 では図示が省略されているが、実際には、ウエハステージ W S T 上に搭載された不図示のホルダ駆動機構によって、ウエハ W を保持してウエハステージ W S T に対して Z 方向及び X Y 平面に対する傾斜方向に微少駆動されるようになっている。このホルダ駆動機構は、例えば、ウエハホルダ 88 の異なる 3 点をそれぞれ支持するとともに、各支持点を独立して Z 軸方向に駆動する 3 つのボイスコイルモータあるいはピエゾ素子等から成るアクチュエータを含んで構成することができる。すなわち、本実施形態では、ウエハホルダ 88 とホルダ駆動機構とによって、ウエハ W を Z 方向、 θ_x 方向（X 軸回りの回転方向）及び θ_y 方向（Y 軸回りの回転方向）の 3 自由度方向に駆動する基板駆動系としての Z・レベリングテーブルが構成されている。以下においては、このウエハホルダ 88 を、便宜上、適宜「Z・レベリングテーブル 88」とも呼ぶものとする。本実施形態では、この Z・レベリングテーブル 88 を構成する各アクチュエータが主制御装置 50 によって制御されるようになっている（図 3 参照）。

また、本実施形態では、上記の Z・レベリングテーブル 88 に対応して、投影光学系 P L の焦点位置とウエハ W 上面（表面）の距離または該距離に応じた値、例えば投影光学系 P L の像面に対するウエハ W 表面の Z 軸方向位置、及び X Y 面に対する傾斜を検出する焦点検出装置としてのフォーカスセンサ 121 が投影光学系 P L の側面に設けられている。このフォーカスセンサ 121 としては、図 2 に示されるように、検出光をウエハ W に斜入射させる投光部（照射光学系）121 a と、ウエハ W で反射した前記検出光を受光する受光部（受光光学系）121 b とで構成された多点焦点位置検出系が用いられている。このフォーカスセンサ 121（受光部 121 b）の出力（検出結果）が主制御装置 50 に供給されるようになっており（図 3 参照）、主制御装置 50 では、フォーカスセンサ 121 の出力に基づいて、ウエハ W のショット領域（より正確に

はレチクルR上のスリット状照明領域に共役なウエハ上の領域)が常に投影光学系PLの像面に一致する(所定の焦点深度の範囲内となる)ように、Z・レベリングテーブル88を制御する。すなわち、このようにして、いわゆるフォーカス・レベリング制御が行われるようになっている。なお、フォーカスセンサ121と同様の多点焦点位置検出系については、例えば特開平6-283403号公報及びこれに対応する米国特許第5,448,332号などに詳細に開示されており、本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

なお、投光部121aと受光部121bは、投影光学系PLではなく鏡筒定盤58に固定しても良い。

前記ステージ定盤16には、図1及び図2では図示が省略されているが、実際には、ステージ定盤16のZ方向の振動を計測する3つの振動センサ(例えば加速度計)とXY面内方向の振動を計測する3つの振動センサ(例えば加速度計)(例えばこの内の2つの振動センサは、ステージ定盤16のY方向の振動を計測し、残りの振動センサはX方向の振動を計測する)とが取り付けられている。以下においては、便宜上、これら6つの振動センサを総称して振動センサ群92と呼ぶものとする。この振動センサ群92の計測値は、主制御装置50に供給されるようになっている(図3参照)。従って、主制御装置50では振動センサ群92の計測値に基づいてステージ定盤16の6自由度方向(X, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z 方向)の振動を求めることができる。

また、本実施形態では、前述したように、特開平8-63231号公報及びこれに対応する米国特許出願第09/260,544号に開示されるようないわゆるカウンタウエイト方式のレチクルステージが採用され、レチクルステージRST、固定子(212A、212B)及びレチクルステージ定盤42の3者間の摩擦が零であれば、レチクルステージRSTの移動に伴う反力/偏荷重

は理論的には零となる筈であるが、実際には摩擦力は零ではなく、また力の作用線等が異なる等の理由から零とはならない。

このため、本体コラム 14 を構成する鏡筒定盤 58 には、図 1 及び図 2 では図示が省略されているが、実際には、本体コラム 14 の Z 方向の振動を計測する 3 つの振動センサ（例えば加速度計）と X Y 面内方向の振動を計測する 3 つの振動センサ（例えば加速度計）（例えば、この内の 2 つの振動センサは、本体コラム 14 の Y 方向の振動を計測し、残りの振動センサは、本体コラム 14 の X 方向の振動を計測する）とが取り付けられている。以下においては、便宜上、これら 6 つの振動センサを総称して振動センサ群 96 と呼ぶものとする。この振動センサ群 96 の計測値は、主制御装置 50 に供給されるようになっている（図 3 参照）。従って、主制御装置 50 では、振動センサ群 96 の計測値に基づいて本体コラム 14 の 6 自由度方向の振動を求めることができる。

また、本実施形態では、前述の如く、ステージ定盤 16 と鏡筒定盤 58 とは互いに異なる位置決め定盤 B P 2、B P 1 によってそれぞれ支持されているため、ステージ定盤 16 と鏡筒定盤 58 との相対位置関係を確認する必要がある。

そのため、図 2 に示されるように、位置決め定盤 B P 1 上に、鏡筒定盤 58 に固定されたターゲット 97 を介して位置決め定盤 B P 1 に対する鏡筒定盤 58 の位置を計測するコラム位置計測装置（及び位置計測システム）としての位置センサ 98 と、ステージ定盤 16 に固定されたターゲット 93 を介して位置決め定盤 B P 1 に対するステージ定盤 16 の位置を計測するステージ定盤位置計測装置としての位置センサ 94 とが設けられている。

前記ターゲット 93 としては、例えば、図 7 に示されるように、ステージ定盤 16 に基端が固定され、その先端部に X、Y、Z 軸にそれぞれ垂直な反射面 93 a、93 b、93 c が形成された L 字部材が用いられる。この場合、位置センサ 94 として反射面 93 a、93 b、93 c に対してそれぞれ測長ビーム

R I X、R I Y、R I Zを照射するレーザ干渉計を用いることができる。本実施形態では、このようなターゲット 9 3 とレーザ干渉計 9 4 とを複数組用いて、少なくとも位置決め定盤 B P 1 を基準とするステージ定盤 1 6 の Z 位置を 2 箇所、X 位置を 2 箇所、Y 位置を 2 箇所で計測するようになっているが、以下においては、便宜上、図 2 の位置センサ 9 4 によって、位置決め定盤 B P 1 とステージ定盤 1 6 との上記 6 つの相対位置が計測されるものとする。この位置センサ 9 4 の計測値は、主制御装置 5 0 に供給されるようになっている（図 3 参照）。

位置センサ 9 8 も位置センサ 9 4 と同様に構成され、位置決め定盤 B P 1 を基準とする鏡筒定盤 5 8 の Z 位置を 2 箇所、X 位置を 2 箇所、Y 位置を 2 箇所で計測するようになっているが、以下においては、便宜上、図 2 の位置センサ 9 8 によって、位置決め定盤 B P 1 と鏡筒定盤 5 8 との上記 6 つの相対位置が計測されるものとする。この位置センサ 9 8 の計測値も主制御装置 5 0 に供給されるようになっている（図 3 参照）。

従って、主制御装置 5 0 では、位置センサ 9 4 の計測値に基づいて位置決め定盤 B P 1 とステージ定盤 1 6 との 6 自由度方向の相対位置を求めることができるとともに、位置センサ 9 8 の計測値に基づいて位置決め定盤 B P 1 と鏡筒定盤 5 8 との 6 自由度方向の相対位置を求めることができる。

本実施形態では、ウエハステージ W S T の駆動時の反力がそのままステージ定盤 1 6 に伝わることはないが、その反力がフレーム 8 4 A、8 4 B から位置決め定盤 B P 2 を介してステージ定盤 1 6 に僅かながら伝わり、ステージ定盤 1 6 の振動要因となることがある。このような場合、主制御装置 5 0 では、振動センサ群 9 2 の計測値に基づいて求めたステージ定盤 1 6 の 6 自由度方向の振動を除去すべく、防振ユニット 6 6 A～6 6 C の速度制御を例えばフィードバック制御によって行い、ステージ定盤 1 6 の振動を確実に抑制することが可能である。また、ウエハステージ W S T がステージ定盤 1 6 上で移動すること

により、ステージ定盤 16 の重心位置が移動し、偏荷重が生じる。このため、レーザ干渉計 90 X、90 Y からの位置信号に基づいて、偏荷重により生じるステージ定盤 16 の傾きを補正することが可能である。このように、防振ユニット 66 A～66 C としていわゆるアクティブ防振台が採用されている。また、主制御装置 50 では、位置センサ 94 の計測値に基づいてステージ定盤 16 の位置決め定盤 B P 1 に対する 6 自由度方向の相対位置を求め、この相対位置の情報をを用いて防振ユニット 66 A～66 C を制御することにより、ステージ定盤 16 を位置決め定盤 B P 1 を基準として定常的に安定した位置に維持することができるようになっている。

また、主制御装置 50 では、例えばレチクルステージ R S T の移動時等には、振動センサ群 96 の計測値に基づいて求めた本体コラム 14 の 6 自由度方向の振動を除去すべく、防振ユニット 56 A～56 C の速度制御を例えばフィードバック制御あるいはフィードバック制御及びフィードフォワード制御によって行い、本体コラム 14 の振動を効果的に抑制することが可能である。すなわち、防振ユニット 56 A～56 C としていわゆるアクティブ防振装置が用いられている。また、主制御装置 50 では、位置センサ 98 の計測値に基づいて本体コラム 14 の位置決め定盤 B P 1 に対する 6 自由度方向の相対位置を求め、この相対位置の情報をを用いて防振ユニット 56 A～56 C を制御することにより、鏡筒定盤 58 を位置決め定盤 B P 1 を基準として定常的に安定した位置に維持することもできるようになっている。

さらに、本実施形態では、図 2 に示されるように、投影光学系 P L のフランジ F L G の異なる 3 箇所に 3 つのレーザ干渉計 102 が固定されている（但し、図 2 においてはこれらのレーザ干渉計の内の 1 つが代表的に示されている）。

これらの 3 つのレーザ干渉計 102 に対向する鏡筒定盤 58 の部分には、開口 58 b がそれぞれ形成されており、これらの開口 58 b を介してそれぞれの

レーザ干渉計 102 から Z 軸方向の測長ビームがステージ定盤 16 に向かって照射されている。ステージ定盤 16 の上面の各測長ビームの対向位置には、反射面がそれぞれ形成されている。このため、上記 3 つのレーザ干渉計 102 によってステージ定盤 16 の異なる 3 点の Z 位置がフランジ FLG を基準としてそれぞれ計測される。但し、図 2 においては、ウエハステージ WST 上のウエハ W の中央のショット領域が投影光学系 PL の光軸 AX の直下にある状態が示されているため、測長ビームがウエハステージ WST で遮られた状態となっている。なお、ウエハステージ WST の上面に反射面を形成して、この反射面上の異なる 3 点の Z 方向位置を投影光学系 PL 又はフランジ FLG を基準として計測する干渉計を設けても良い。

また、3 つのレーザ干渉計 102 をフランジ FLG に固定する代わりに鏡筒定盤 58 に固定して、鏡筒定盤 58 を基準としてステージ定盤 16 又はウエハステージ WST の Z 方向位置を計測する構成としても良い。

上記レーザ干渉計 102 の計測値も主制御装置 50 に供給されるようになっており（図 3 参照）、主制御装置 50 では、例えば、ウエハ周辺部の露光の際等に投影光学系 PL とステージ定盤 16 との投影光学系 PL の光軸 AX 方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の 3 自由度方向（Z、 θ_x 、 θ_y ）の位置関係を求めることができる。すなわち、本実施形態ではレーザ干渉計 102 と主制御装置 50 とによって、3 自由度位置計測装置が構成されている。

図 1 に戻り、位置決め定盤 BP1 上には、レチクル R をレチクルステージ RST に対して搬入及び搬出するマスク搬送系としてのレチクルローダ 110 と、ウエハ W をウエハステージ WST に対して搬入及び搬出する基板搬送系としてのウエハローダ 112 も搭載されている。レチクルローダ 110、ウエハローダ 112 は主制御装置 50 の管理下に置かれている（図 3 参照）。

主制御装置 50 では、例えばレチクル交換に際しては、レチクルレーザ干渉計 46 の計測値と位置センサ 98 の計測値に基づいてレチクルローダ 110 を

制御することにより、搬送時の位置決め定盤 B P 1 を基準とするレチクルステージ R S T の位置を定常的に一定に保つことができ、結果的にレチクルステージ R S T 上の所望の位置にレチクル R をロードすることができる。

同様に、主制御装置 5 0 では、ウエハ交換時等においてもレーザ干渉計 9 0 X、9 0 Y の計測値と位置センサ 9 4 の計測値とに基づいてウエハローダ 1 1 2 を制御することにより、位置決め定盤 B P 1 を基準とするウエハステージ W S T の位置を定常的に一定に保つことができ、結果的にウエハステージ W S T 上の所望の位置にウエハ W をロードすることができる。

前記照明ユニット I L U は、第 1、第 2 の位置決め定盤 B P 1、B P 2 とは独立して床面 F D に載置された第 3 のベース部材としての位置決め定盤 B P 3 上に 3 点支持の防振台 1 1 6 を介して搭載された支持コラム 1 1 8 によって支持されている。この防振台 1 1 6 としても、防振ユニット 5 6 A ~ 5 6 C、6 6 A ~ 6 6 C と同様に、エアマウントとボイスコイルモータ（アクチュエータ）と支持コラム 1 1 8 に取り付けられた振動検出センサ（例えば加速度計）を備えたアクティブ防振装置が用いられており、このアクティブ防振装置 1 1 6 によって床面 F D からの振動がマイクロ G レベルで絶縁される。

さらに、本実施形態では、照明ユニット I L U とレチクルベース定盤 4 2 との 6 自由度方向の相対位置を計測する 6 自由度位置計測装置としてのベース干渉計 1 2 0（図 3 参照）を備えている。

これを更に詳述すると、図 4 に示されるように、レチクルベース定盤 4 2 の上面には、照明ユニット I L U に対向して配置された前述したターゲット 9 3 と同様の L 字状部材から成る一対のターゲット 2 3 0 A、2 3 0 B が固定されており、これらのターゲット 2 3 0 A、2 3 0 B の X、Y、Z 方向の位置をそれぞれ計測する合計 6 つのレーザ干渉計（図 4 では図示せず）が、照明ユニット I L U の照明系ハウジング 2 6 に固定されている。これら 6 つのレーザ干渉計によって図 3 のベース干渉計 1 2 0 が構成されている。このベース干渉計 1

20からの6つの計測値、すなわちX、Y、Z方向の各2つの位置情報（変位情報）は、主制御装置50に送られるようになっている。そして、主制御装置50ではこのベース干渉計120からの6つの計測値に基づいて照明ユニットILUとレチクルベース定盤42との6自由度方向（X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z 方向）の相対位置を求めることができるようになっている。

従って、主制御装置50では、上記ベース干渉計120からの計測値に基づいて求めた6自由度方向の相対位置に基づいて、駆動ユニット44を介してレチクルステージRST（レチクル微動ステージ208）のXY面内の位置を調整するとともに、防振ユニット56A～56C又はアクティブ防振装置116を制御することにより、照明ユニットILUとレチクルRとの6自由度方向の相対位置関係を微調整する。

また、主制御装置50では、振動センサ群96の計測値に基づいて防振ユニット56A～56Cを制御することにより本体コラム14の粗振動を抑制し、ベース干渉計120の計測値に基づいてレチクルステージRST（レチクル微動ステージ208）の位置を制御することにより、本体コラム14の微振動をも効果的に抑制することができる。

図3には、上述した露光装置10の制御系の構成が簡単に示されている。この制御系は、ワークステーション（又はマイクロコンピュータ）から成る制御装置としての主制御装置50を中心として構成されている。主制御装置50は、これまでに説明した各種の制御を行う他、装置全体を統括的に制御する。

次に、上述のようにして構成された露光装置10における露光動作について説明する。

前提として、ウエハW上のショット領域を適正露光量（目標露光量）で走査露光するための各種の露光条件が予め設定される。また、不図示のレチクル顕微鏡及び不図示のオフアクシス・アライメントセンサ等を用いたレチクルアライメント、ベースライン計測等の準備作業が行われ、その後、アライメントセ

ンサを用いたウエハWのファインアライメント（EGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）等）が終了し、ウエハW上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

このようにして、ウエハWの露光のための準備動作が終了すると、主制御装置50では、アライメント結果に基づいてレーザ干渉計90X、90Yの計測値をモニタしつつ駆動ユニット72を制御してウエハWの第1ショットの露光のための走査開始位置にウエハステージWSTを移動する。

そして、主制御装置50では駆動ユニット44、72を介してレチクルステージRSTとウエハステージWSTとのY方向の走査を開始し、両ステージRST、WSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、紫外パルス光によってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。

この走査露光の開始に先立って、光源12の発光は開始されているが、主制御装置50によってレチクルブラインド機構28Mを構成する可動ブラインドの各ブレードの移動がレチクルステージRSTの移動と同期制御されているため、レチクルR上のパターン領域外への紫外パルス光の照射が遮光されることは、通常のスキャニング・ステッパと同様である。

主制御装置50では、特に上記の走査露光時にレチクルステージRSTのY軸方向の移動速度 V_r とウエハステージWSTのY軸方向の移動速度 V_w とが投影光学系PLの投影倍率（ $1/5$ 倍或いは $1/4$ 倍）に応じた速度比に維持されるように駆動ユニット44、駆動ユニット72を介してレチクルステージRST及びウエハステージWSTを同期制御する。すなわち、本実施形態では、駆動ユニット44、駆動ユニット72及び主制御装置50によってレチクルRとウエハWとをY軸方向に沿って同期移動する駆動装置が構成されている。

そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が紫外パルス光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上の第1ショットの走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンが投影

光学系 P L を介して第 1 ショットに縮小転写される。

このようにして、第 1 ショットの走査露光が終了すると、主制御装置 5 0 により駆動ユニット 7 2 を介してウエハステージ W S T が X、Y 軸方向にステップ移動され、第 2 ショットの露光のための走査開始位置に移動される。このステッピングの際に、主制御装置 5 0 ではレーザ干渉計 9 0 X、9 0 Y の計測値に基づいてウエハステージ W S T の X、Y、 θ_z 方向の位置変位をリアルタイムに計測する。この計測結果に基づき、主制御装置 5 0 では駆動ユニット 7 2 を制御してウエハステージ W S T の X Y 位置変位が所定の状態になるようにウエハステージ W S T の位置を制御する。

また、主制御装置 5 0 ではウエハステージ W S T の θ_z 方向の変位の情報に基づいて駆動ユニット 4 4 を制御し、そのウエハ W 側の回転変位の誤差を補償するようにレチクルステージ R S T (レチクル微動ステージ 2 0 8) を回転制御する。

そして、主制御装置 5 0 では第 2 ショットに対して上記と同様の走査露光を行う。

このようにして、ウエハ W 上のショットの走査露光と次ショット露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハ W 上の露光対象ショットの全てにレチクル R のパターンが順次転写される。

ところで、上記では特に説明をしなかったが、最近のスキャニング・ステッパと同様に、ウエハ W 上の各ショット領域に対する走査露光中、主制御装置 5 0 では、フォーカスセンサ 1 2 1 の計測値に基づいて、前述の如くフォーカス・レベリング制御を行い、焦点深度数百 nm 以下でフォーカスを合わせて露光を行うようになっている。

しかるに、本実施形態では、投影光学系 P L を支持する本体コラム 1 4 とウエハ W を保持するウエハステージ W S T とが独立して支持されているので、両者間で振動が伝達され難いという利点がある反面、本体コラム 1 2 とウエハス

ステージWSTを支持するステージ定盤16及びウエハステージWSTとがそれぞれ独立の挙動をするおそれがあり、このため露光時のウエハWのフォーカス制御あるいはフォーカス・レベリング制御に応答遅れ（時間遅れ）が生じるおそれがある。

そこで、本実施形態の露光装置10では、ウエハWの露光の際には、上述したフォーカスセンサ121の計測値に基づく、Z・レベリングテーブル88を介してのウエハWのフォーカス・レベリング制御と併せて、主制御装置50が、レーザ干渉計102の計測値に基づいて投影光学系PLとステージ定盤16との投影光学系PLの光軸AX方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向（Z、 θ_x 、 θ_y 方向）の位置関係を求める。そして、主制御装置50では、この位置関係に基づいて防振ユニット66A～66C、具体的には各ボイスコイルモータ70をフィードバック制御し、ステージ定盤16が投影光学系PLまたは鏡筒定盤58と一定の位置関係を維持するようにしている。

上記の一定の位置関係は、例えば、Z・レベリングテーブル88の応答性を考慮した際に、フォーカスの引き込みが十分可能でフォーカス制御に応答遅れがでないような範囲内にウエハW表面が位置する位置関係、すなわちウエハW表面が投影光学系PLの焦点位置近傍に位置し、常にフォーカスセンサ121の検出が可能となる位置関係である。

換言すれば、本実施形態の露光装置10では、ウエハWのフォーカス・レベリング制御を行うに当たり、レーザ干渉計102の計測値に基づき、防振ユニット66A～66Cを制御してステージ定盤16及びこれを介してウエハステージWST上のウエハWのZ位置をある程度の範囲内に追い込むフォーカス・レベリングの粗調整と、フォーカスセンサ121により検出されたウエハWの表面状態の検出結果に基づき、Z・レベリングテーブル88を制御してウエハWを投影光学系PLの像面の焦点深度の範囲内に一致させるフォーカス・レベリングの微調整とを行うようになっている。

従って、露光装置 10 においては、ウエハ W の内部に位置するショット領域を順次露光する際の、そのショット領域間のステッピング動作中は、ステージ定盤 16 が投影光学系 PL または鏡筒定盤 58 とが上述した一定の位置関係に維持されるので、フォーカス・レベリング制御に応答遅れが発生しないことは勿論、いわゆる外内ショットかつエッジショットの露光の際にも、フォーカスの引き込みが可能となる。ここで、エッジショットとは、ウエハ W の周辺部に位置するショット領域を意味し、外内ショットとは、レチクル R 上のスリット状照明領域と共役な照明領域がウエハ W の外側から内側に向けて相対走査されるショット領域を意味する。

なお、上述した投影光学系 PL とステージ定盤 16 との投影光学系 PL の光軸 AX 方向および光軸交面に対する傾斜方向の 3 自由度方向 (Z 、 θ_x 、 θ_y 方向) の位置関係は、位置センサ 98 及び位置センサ 94 の計測値に基づいても求めることができる。すなわち、位置センサ 98 の計測値に基づいて位置決め定盤 BP1 と鏡筒定盤 58 との 6 自由度方向の相対位置が求まり、位置センサ 94 の計測値に基づいて位置決め定盤 BP1 とステージ定盤 16 との 6 自由度方向の相対位置が求まる。従って、主制御装置 50 では、露光の際に、これらの相対位置から鏡筒 58 (投影光学系 PL) とステージ定盤 16 との相対位置を求めるようにしても良い。

いずれにしても、本実施形態の露光装置 10 では、投影光学系 PL (鏡筒定盤 58) とステージ定盤 16 との投影光学系 PL の光軸 AX 方向および光軸直交面に対する傾斜方向の 3 自由度方向 (Z 、 θ_x 、 θ_y 方向) の位置関係を所定の位置関係に維持した状態で、フォーカスセンサ 121 及び Z ・レベリングテーブル 88 を用いてウエハ W のショット領域 (より具体的にはレチクル R 上のスリット状照明領域に共役な領域) を投影光学系 PL の像面の焦点深度の範囲内に一致させることができる。これにより、高精度なフォーカス・レベリング制御が可能となる。

しかし、このようなウエハWのショットの走査露光中のフォーカス制御のみでは、デバイスルールがますます微細化する今日にあつては、ウエハW上に転写されたパターン像の線幅の均一性を高精度に確保することが困難になりつつある。これは、ウエハ周辺のショットの場合、その隣接ショットの存在しない側とそうでない側とでは、いわゆるフレアの影響の相違等に起因してパターン像の線幅が異なるためである。かかる不都合の発生を未然に防止あるいは抑制するためには、ウエハW上の周辺ショットの更に外側に仮想のショットを想定したダミー露光を行うことが望ましい。

そこで、本実施形態では、このダミー露光の際に、前述したレーザ干渉計102の計測値に基づいて、投影光学系PLとステージ定盤16との投影光学系PLの光軸AX方向及び光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向(Z 、 θ_x 、 θ_y)の位置関係を求め、防振ユニット66A～66C等を制御することにより、ウエハステージWSTのフォーカス・レベリング制御を行うようになっている。従って、上記のダミー露光に際しても、高精度なフォーカス制御が可能であり、結果的に線幅制御性の向上も可能である。

なお、1枚のウエハWに対して複数のダミーショット（上記ウエハWの周辺ショットの更に外側に想定される仮想のショット）を想定し、それぞれのダミーショットについて、ダミー露光を行う場合には、各ダミーショットの露光の度に前述したウエハステージWSTのフォーカス・レベリング制御を行うことが望ましい。同様に、1枚のウエハWについて複数回（複数レイヤ）の露光を行う場合にも、ダミーショットの露光の度に前述したウエハステージWSTのフォーカス・レベリング制御を行うことが望ましい。

以上詳細に説明したように、本実施形態の露光装置10によると、本体コラム14を支持する防振ユニット56A～56Cが位置決め定盤BP1に搭載され、ステージ定盤16を支持する防振ユニット66A～66Cが位置決め定盤BP1とは独立して床面FDに載置された位置決め定盤BP2に搭載されてい

るので、位置決め定盤B P 1、B P 2相互間の振動の伝達がほぼ遮断される。このため、ステージ定盤1 6上に支持されたウエハステージW S Tの移動時（駆動時）の反力が、位置決め定盤B P 1に伝わることなく、ウエハステージW S Tの移動時（駆動時）の反力が位置決め定盤B P 1上に搭載された本体コラム1 4に支持された投影光学系P Lの振動要因となることがない。

また、防振ユニット5 6 A～5 6 Cとしてアクティブ防振台が採用され、主制御装置5 0が、位置決め定盤B P 1と本体コラム1 4との相対位置を計測する位置センサ9 8の計測値に基づいて防振ユニット5 6 A～5 6 Cを制御するようになっていることから、本体コラム1 4、従ってこれに支持される投影光学系P Lを位置決め定盤B P 1を基準とした安定した位置に維持することができる。また、本体コラム1 4にレチクルステージR S Tが搭載されているが、該レチクルステージR S Tとしてカウンタウエイト方式のステージが採用されているので、レチクルステージR S Tの移動による反力による本体コラム1 4の振動は僅かである。また、この僅かな本体コラム1 4の振動も本体コラム1 4を支持する防振ユニット5 6 A～5 6 Cによって抑制あるいは除去することができる。

また、防振ユニット6 6 A～6 6 Cとして、アクティブ防振台が採用され、主制御装置5 0が位置決め定盤B P 1とステージ定盤1 6との相対位置を計測する位置センサ9 4の計測値に基づいて防振ユニット6 6 A～6 6 Cを制御するようになっていることから、ステージ定盤1 6を位置決め定盤B P 1を基準とする安定した位置に維持することができる。また、ウエハステージW S Tの移動により生ずるステージ定盤1 6の振動は防振ユニット6 6 A～6 6 Cによって抑制あるいは除去することができる。

従って、本実施形態では、投影光学系P Lの振動に起因するパターン転写位置ずれや像ボケ等の発生を効果的に防止して露光精度の向上を図ることができる。また、上述した数々の工夫により、装置各部の振動や応力を低減し、装置

各部間の相対位置関係をより高精度に維持・調整できるので、ウエハステージ W S T をより高速化、大型化することが可能であり、これによりスループットの向上をも図ることができるという効果がある。

なお、上記実施形態では、主制御装置 50 によって、防振ユニット、防振台、レチクルローダ及びウエハローダの全てが制御される場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、これらを各別に制御するコントローラをそれぞれ設けても良く、あるいはこれらの任意の組み合わせを複数のコントローラで制御するようにしても良い。

また、上記実施形態では、防振ユニット、防振台の全てがアクティブ防振台である場合について説明したが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。すなわち、これらの全て、これらのいずれか、あるいは任意の複数がパッシブ防振台であっても良い。

なお、上記実施形態では、本発明が、スキャニング・ステッパに適用された場合について説明したが、マスクと基板とを静止した状態でマスクのパターンを基板に転写するとともに、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置や、投影光学系を用いることなくマスクと基板とを密接させてマスクのパターンを基板に転写するプロキシミティ露光装置にも本発明は好適に適用できるものである。

また、本発明は、半導体製造用の露光装置に限らず、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置にも広く適用できる。

また、本発明の露光装置の露光用照明光としては、A r F エキシマレーザ光に限らず、g 線 (436 nm)、i 線 (365 nm)、K r F エキシマレーザ光 (248 nm)、F₂ レーザ光 (157 nm)、X 線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト (L a B₆)、タンタル (T a) を用いるこ

とができる。

更に、電子線を用いる場合は、マスクを用いる構成としても良いし、マスクを用いずに電子線による直接描画により基板上にパターンを形成する構成としても良い。すなわち、本発明は、露光用光学系として電子光学系を用いる電子ビーム露光装置であれば、ペンシルビーム方式、可変成形ビーム方式、セルブプロジェクト方式、ブランキング・アパーチャ方式、及びE B P Sのいずれのタイプであっても、適用が可能である。

また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。投影光学系としては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F₂レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または反射系の光学系にし（レチクルも反射型タイプのものを用いる）、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いれば良い。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。

また、波長200nm程度以下の真空紫外光（VUV光）を用いる露光装置では、投影光学系として反射屈折系を用いることも考えられる。この反射屈折型の投影光学系としては、例えば特開平8-171054号公報及びこれに対応する米国特許第5,668,672号、並びに特開平10-20195号公報及びこれに対応する米国特許第5,835,275号などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタと凹面鏡とを有する反射屈折系を用いることができる。また、特開平8-334695号公報及びこれに対応する米国特許第5,689,377号、並びに特開平10-3039号公報及びこれに対応する米国特許出願第873,605号（出願日：1997年6月12日）などに開示される、反射光学素子としてビームスプリッタを用いずに凹面鏡などを有する反射屈折系を用いることができる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各公報及びこれらに対応

する米国特許、及び米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この他、米国特許第5,031,976号、第5,488,229号、及び第5,717,518号に開示される、複数の屈折光学素子と2枚のミラー（凹面鏡である主鏡と、屈折素子又は平行平板の入射面と反対側に反射面が形成される裏面鏡である副鏡）とを同一軸上に配置し、その複数の屈折光学素子によって形成されるレチクルパターンの中間像を、主鏡と副鏡とによってウエハ上に再結像させる反射屈折系を用いても良い。この反射屈折系では、複数の屈折光学素子に続けて主鏡と副鏡とが配置され、照明光が主鏡の一部を通して副鏡、主鏡の順に反射され、さらに副鏡の一部を通してウエハ上に達することになる。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

さらに、反射屈折型の投影光学系としては、例えば円形イメージフィールドを有し、かつ物体面側、及び像面側が共にテレセントリックであるとともに、その投影倍率が1/4倍又は1/5倍となる縮小系を用いても良い。また、この反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置の場合、照明光の照射領域が投影光学系の視野内でその光軸をほぼ中心とし、かつレチクル又はウエハの走査方向とほぼ直交する方向に沿って延びる矩形スリット状に規定されるタイプであっても良い。かかる反射屈折型の投影光学系を備えた走査型露光装置によれば、例えば波長157nmのF₂レーザ光を露光用照明光として用いても100nmL/Sパターン程度の微細パターンをウエハ上に高精度に転写することが可能である。

また、ウエハステージやレチクルステージの駆動系として米国特許第5,623,853号又は米国特許第5,528,118号等が開示されるリニアモ

ータを用いても良く、かかる場合には、エアベアリングを用いたエア浮上型及びローレンツ力又はリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いても良い。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記各米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニットと電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側に設ければ良い。

また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでも良いし、ガイドを設けないガイドレスタイプでも良い。

レチクルステージの移動により発生する反力は、例えば特開平 8 - 3 3 0 2 2 4 号公報及びこれに対応する米国特許第 5, 8 7 4, 8 2 0 号に開示されるように、フレーム部材を用いて機械的に床 F D (大地) に逃がしても良い。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令が許す限りにおいて、上記公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の一部とする。

また、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより上記実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造さ

れる。

以下、デバイス製造方法について更に詳細に説明する。

《デバイス製造方法》

次に、上述した露光装置をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

図 8 には、デバイス（ＩＣやＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル、ＣＣＤ、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図 8 に示されるように、まず、ステップ 301（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ 302（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップ 303（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ 304（ウエハ処理ステップ）において、ステップ 301～ステップ 303 で用意したマスク（レチクル）とウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ 305（デバイス組立ステップ）において、ステップ 304 で処理されたウエハを用いてデバイス組立を行う。このステップ 305 には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

最後に、ステップ 306（検査ステップ）において、ステップ 305 で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図 9 には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ 304 の詳細なフロー例が示されている。図 8 において、ステップ 311（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ 312（ＣＶＤステップ）におい

てはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 3 1 3（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 3 1 4（イオン打ち込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ 3 1 1～ステップ 3 1 4 それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ 3 1 5（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ 3 1 6（露光ステップ）において、上で説明した露光装置 1 0 を用いてマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ 3 1 7（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ 3 1 8（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ 3 1 9（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法によると、露光工程（ステップ 3 1 6）において上記実施形態の露光装置 1 0 を用いて露光が行われるので、露光精度の向上により、高集積度のデバイスを歩留まり良く生産することができる。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明に係る露光装置及び露光方法は、集積回路等のマイクロデバイスを製造するリソグラフィ工程において、微細パターンをウエハ等の基板上に精度良く複数層重ねて形成するのに適している。また、本発明に係るデバイス製造方法は、微細なパターンを有するデバイスの製造に適して

WO 00/14779

PCT/JP99/04757

いる。

請 求 の 範 囲

1. 露光用光学系を用いて基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、

前記露光用光学系を支持する本体コラムと；

前記本体コラムを支持する第1の防振装置と；

前記第1の防振装置が搭載されるとともに、床面に載置された第1のベース部材と；

前記基板を保持する基板ステージを支持するステージ定盤と；

前記ステージ定盤を支持する第2の防振装置と；

前記第2の防振装置が搭載されるとともに、前記床面に載置された前記第1のベース部材とは独立した第2のベース部材と、を備える露光装置。

2. 請求項1に記載の露光装置において、

前記第1、第2の防振装置の少なくとも一方がアクティブ防振装置であることを特徴とする露光装置。

3. 請求項1に記載の露光装置において、

前記第1の防振装置がアクティブ防振装置であり、

前記第1のベース部材と前記本体コラムとの相対位置を計測するコラム位置計測装置と；

前記コラム位置計測装置の計測値に基づいて前記第1の防振装置を制御する制御装置と、を更に備えることを特徴とする露光装置。

4. 請求項1に記載の露光装置において、

前記第2の防振装置がアクティブ防振装置であり、

前記第 1 のベース部材と前記ステージ定盤との相対位置を計測するステージ定盤位置計測装置と；

前記ステージ定盤位置計測装置の計測値に基づいて前記第 2 の防振装置を制御する制御装置と、を更に備えることを特徴とする露光装置。

5. 請求項 1 に記載の露光装置において、

前記本体コラムに対し、前記露光用光学系を V 溝、円錐溝及び平面で 3 点支持する支持部材を更に備えることを特徴とする露光装置。

6. 請求項 1 に記載の露光装置において、

前記第 2 の防振装置がアクティブ防振装置であり、

前記露光用光学系と前記ステージ定盤及び前記基板ステージのいずれかとの前記露光用光学系の光軸方向及び前記光軸直交面に対する傾斜方向の 3 自由度方向の位置関係を光学的に計測する 3 自由度位置計測装置と；

前記 3 自由度位置計測装置の計測値に基づいて前記第 2 の防振装置を制御する制御装置と、を更に備えることを特徴とする露光装置。

7. 請求項 6 に記載の露光装置において、

前記本体コラムは、前記露光用光学系の鏡筒を支持する支持部材を有し、

前記 3 自由度位置計測装置は、前記ステージ定盤及び前記基板ステージのいずれかと前記支持部材との間の距離を異なる 3 点で計測する干渉計を備えることを特徴とする露光装置。

8. 請求項 7 に記載の露光装置において、

前記干渉計は、前記露光用光学系の鏡筒に固定されていることを特徴とする露光装置。

9. 請求項 6 に記載の露光装置において、

前記 3 自由度位置計測装置は、前記ステージ定盤及び前記基板ステージのいずれかと前記露光用光学系との間の距離を異なる 3 点で計測する干渉計を備えることを特徴とする露光装置。

10. 請求項 1 に記載の露光装置において、

前記本体コラムに支持され、前記露光用光学系により前記基板上に投影される前記所定のパターンが形成されたマスクを保持するマスク保持部材を更に備えるとともに、

前記マスクを前記マスク保持部材に対して搬入及び搬出するマスク搬送系と前記基板を前記基板ステージに対して搬入及び搬出する基板搬送系との少なくとも一方が前記第 1 のベース部材上に搭載され、

前記第 1 のベース部材と前記本体コラムとの相対位置を計測する位置計測システムと；

前記マスク保持部材及び前記基板ステージの少なくとも一方の位置を前記露光用光学系及び本体コラムの一部のいずれかを基準として計測する干渉計システムと；

前記位置計測システム及び前記干渉計システムの計測値に基づいて前記第 1 のベース部材に搭載された前記搬送系を制御する制御装置と、を更に備えることを特徴とする露光装置。

11. 請求項 10 に記載の露光装置において、

前記マスクを照明する照明光学系を更に備え、

前記照明光学系は、前記第 1、第 2 のベース部材とは独立して前記床面に載置された第 3 のベース部材上に搭載されていることを特徴とする露光装置。

12. 請求項1に記載の露光装置において、
前記第1の防振装置がアクティブ防振装置であり、
前記所定のパターンが形成されたマスクを保持するとともに、当該マスクを
前記本体コラム上でその面内の3自由度方向に微少駆動するマスク保持部材と
；
前記マスクを照明する照明光学系と；
前記照明光学系を支持するアクティブ防振装置と；
前記照明光学系と前記本体コラムとの6自由度方向の相対位置を計測する6
自由度位置計測装置と；
前記6自由度位置計測装置の計測値に基づいて前記マスク保持部材と前記第
1の防振装置及び前記照明光学系を保持する前記アクティブ防振装置のいずれ
かとを制御する制御装置と、を更に備えることを特徴とする露光装置。

13. 請求項10～12のいずれか一項に記載の露光装置において、
前記マスクは、前記露光用光学系の光軸に直交する面内で所定方向に所定ス
トロークで移動可能であり、
前記マスクと前記基板ステージとを同期して前記所定方向に駆動する駆動装
置を更に備えることを特徴とする露光装置。

14. 露光用光学系を用いて基板上に所定のパターンを形成する露光装置で
あって、
前記露光用光学系を支持する本体コラムと；
前記基板を保持するとともに、前記本体コラムとは独立して支持された基板
ステージと；
前記基板表面の少なくとも前記露光用光学系の光軸方向の位置を検出する焦

点検出装置と；

前記基板を少なくとも前記露光用光学系の光軸方向に駆動する基板駆動系と

；

前記焦点検出装置とは独立して設けられ、前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を計測する位置計測システムと；

前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を変化させる駆動装置と

；

前記焦点検出装置、基板駆動系、前記位置計測システム及び前記駆動装置に接続された制御装置と、を備え、

前記制御装置は、露光の際に、前記位置計測システムによって計測された値に基づいて前記駆動装置を制御して前記露光用光学系と前記基板ステージとを所定の位置関係に設定するとともに、前記焦点検出装置の検出結果に基づいて前記基板駆動系を介して前記露光用光学系の像面と前記基板との相対位置を調整することを特徴とする露光装置。

15. 請求項14に記載の露光装置において、

前記位置計測システムは、前記露光用光学系の光軸方向及び前記光軸直交面に対する傾斜方向の3自由度方向の前記位置関係を計測することを特徴とする露光装置。

16. 請求項14に記載の露光装置において、

前記位置計測システムは、前記露光用光学系の鏡筒に固定されていることを特徴とする露光装置。

17. 請求項14に記載の露光装置において、

前記基板ステージを支持するステージ支持部材を更に備え、

前記位置計測システムは、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との前記露光用光学系の光軸方向に関する位置関係を計測することを特徴とする露光装置。

18. 請求項17に記載の露光装置において、

前記ステージ支持部材には前記位置関係を計測するための計測点が3点設けられ、

前記位置計測システムは、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との間の距離を前記3点で計測することを特徴とする露光装置。

19. 請求項14に記載の露光装置において、

前記本体コラムを支持するベース部材を更に備え、

前記位置計測システムは、前記ベース部材と前記露光用光学系の位置関係を計測する第1の位置計測装置と、前記ベース部材と前記ステージ支持部材との位置関係を計測する第2の位置計測装置とを有していることを特徴とする露光装置。

20. 請求項19に記載の露光装置において、

前記第1の位置計測装置及び前記第2の位置計測装置の少なくとも一方は、前記位置関係として6自由度方向の相対位置を求めることを特徴とする露光装置。

21. 露光用光学系を用いて、該露光用光学系を支持する本体コラムとは独立して支持された基板ステージ上の基板上に所定のパターンを形成する露光方法であって、

前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を計測する第1工程と；

前記第 1 工程で計測された値に基づいて前記露光用光学系と前記基板ステージとの位置関係を所定の状態に設定する第 2 工程と；

前記第 2 工程で前記所定の状態が設定された状態で、前記基板表面の少なくとも前記露光用光学系の光軸方向の位置の検出結果に基づいて前記露光用光学系の像面と前記基板表面との相対位置を調整しつつ前記基板上に前記パターンを形成する第 3 工程とを含む露光方法。

2 2. 請求項 2 1 に記載の露光方法において、

前記第 1 工程では、前記露光用光学系の光軸方向及び前記光軸直交面に対する傾斜方向の 3 自由度方向の前記位置関係を計測することを特徴とする露光方法。

2 3. 請求項 2 1 に記載の露光方法において、

前記第 1 工程では、前記露光用光学系の鏡筒に固定された位置計測システムを用いて前記計測を行うことを特徴とする露光方法。

2 4. 請求項 2 1 に記載の露光方法において、

前記基板ステージはステージ支持部材によって支持され、

前記第 1 工程では、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との前記露光用光学系の光軸方向に関する位置関係を計測することを特徴とする露光方法。

2 5. 請求項 2 4 に記載の露光方法において、

前記第 1 工程では、前記露光用光学系と前記ステージ支持部材との間の距離を前記ステージ支持部材上に設定された異なる 3 点の計測点において計測することを特徴とする露光方法。

26. 請求項21に記載の露光方法において、
前記本体コラムはベース部材によって支持され、
前記第1工程は、前記ベース部材と前記露光用光学系の位置関係を計測する
第1計測工程と、前記ベース部材と前記ステージ支持部材との位置関係を計測
する第2計測工程とを含むことを特徴とする露光方法。

27. 請求項26に記載の露光方法において、
前記第1計測工程及び第2計測工程の少なくとも一方では、前記位置関係と
して6自由度方向の相対位置を求めることを特徴とする露光装置。

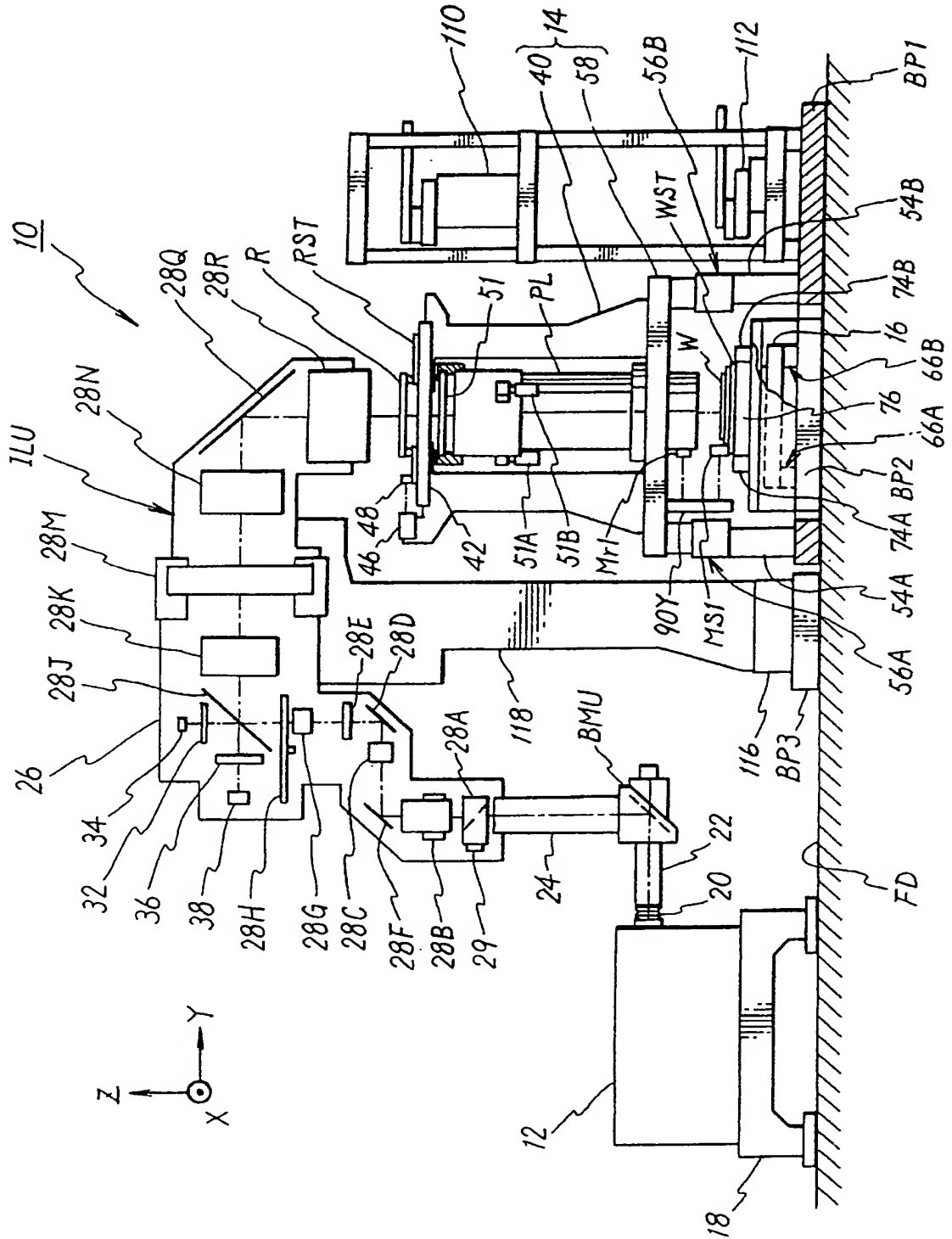
28. 所定のパターンが形成されたデバイスであって、
請求項1～12のいずれか一項に記載の露光装置を用いて製造されたことを
特徴とするデバイス。

29. 所定のパターンが形成されたデバイスであって、
請求項13に記載の露光装置を用いて製造されたことを特徴とするデバイス
。

30. 所定のパターンが形成されたデバイスであって、
請求項14～20のいずれか一項に記載の露光装置を用いて製造されたこと
を特徴とするデバイス。

31. リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法であって、
前記リソグラフィ工程で請求項21～27のいずれか一項に記載の露光方法
を用いて露光を行うことを特徴とするデバイスの製造方法。

Fig. 1



F i g . 2

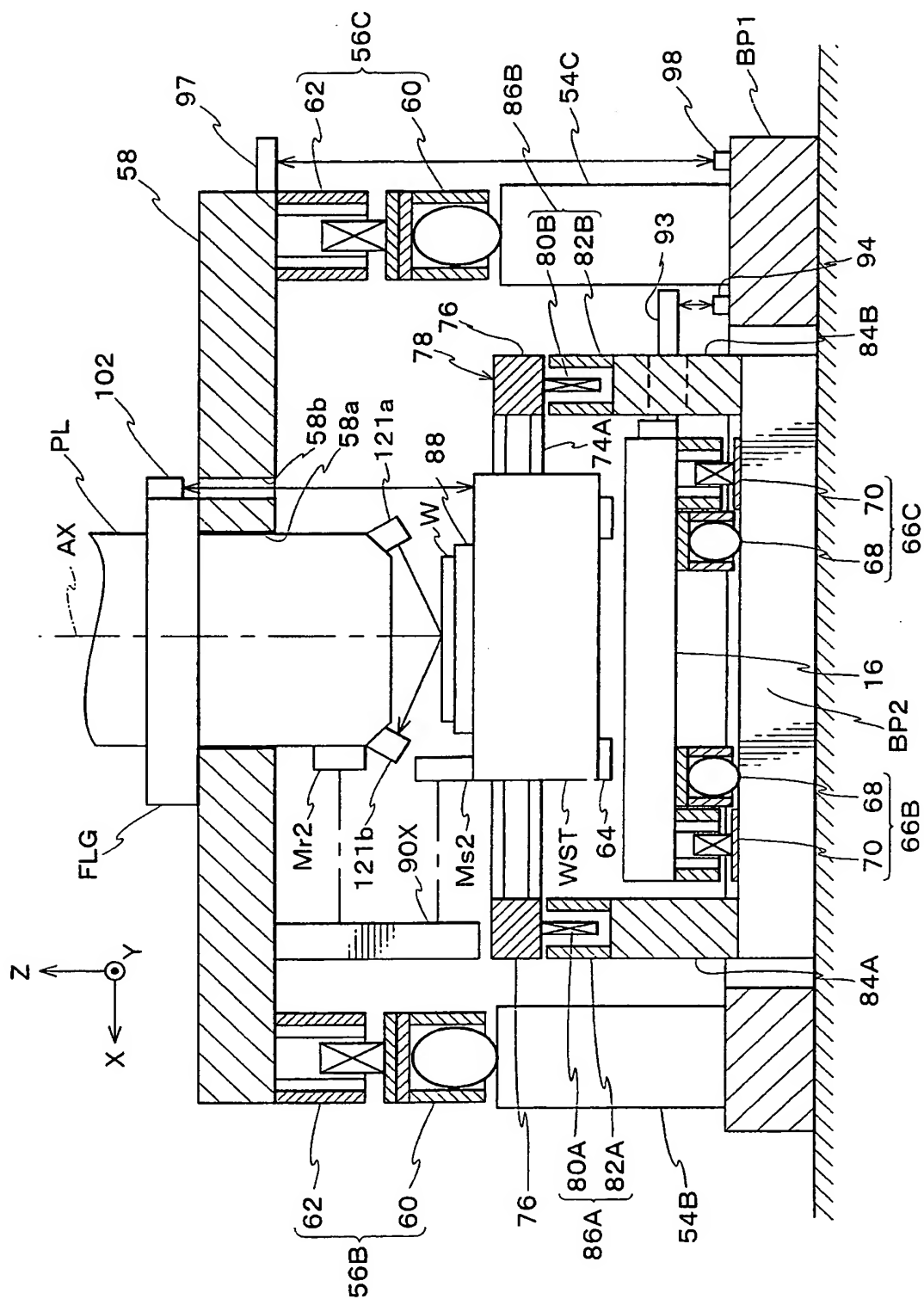


Fig. 3

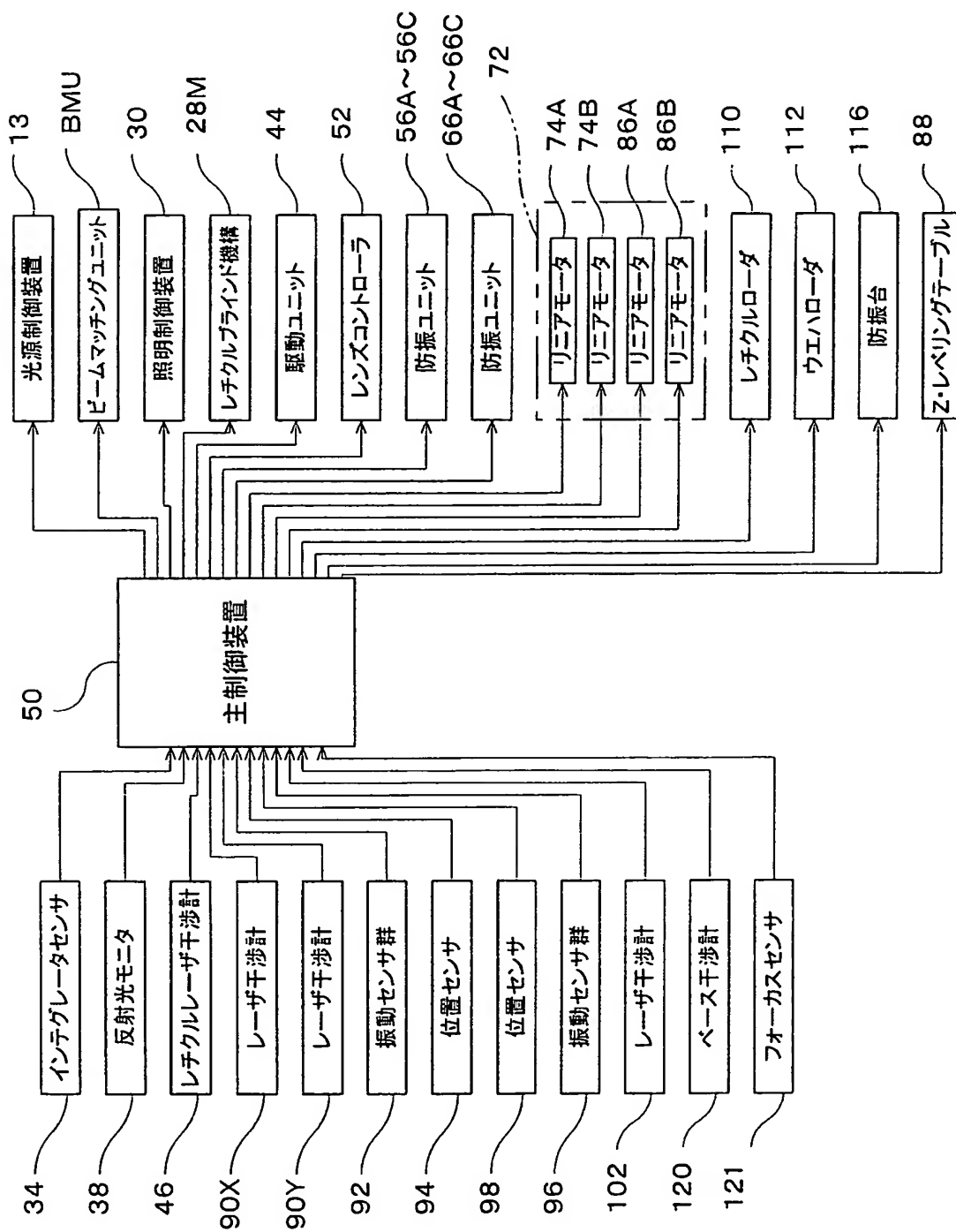


Fig. 4

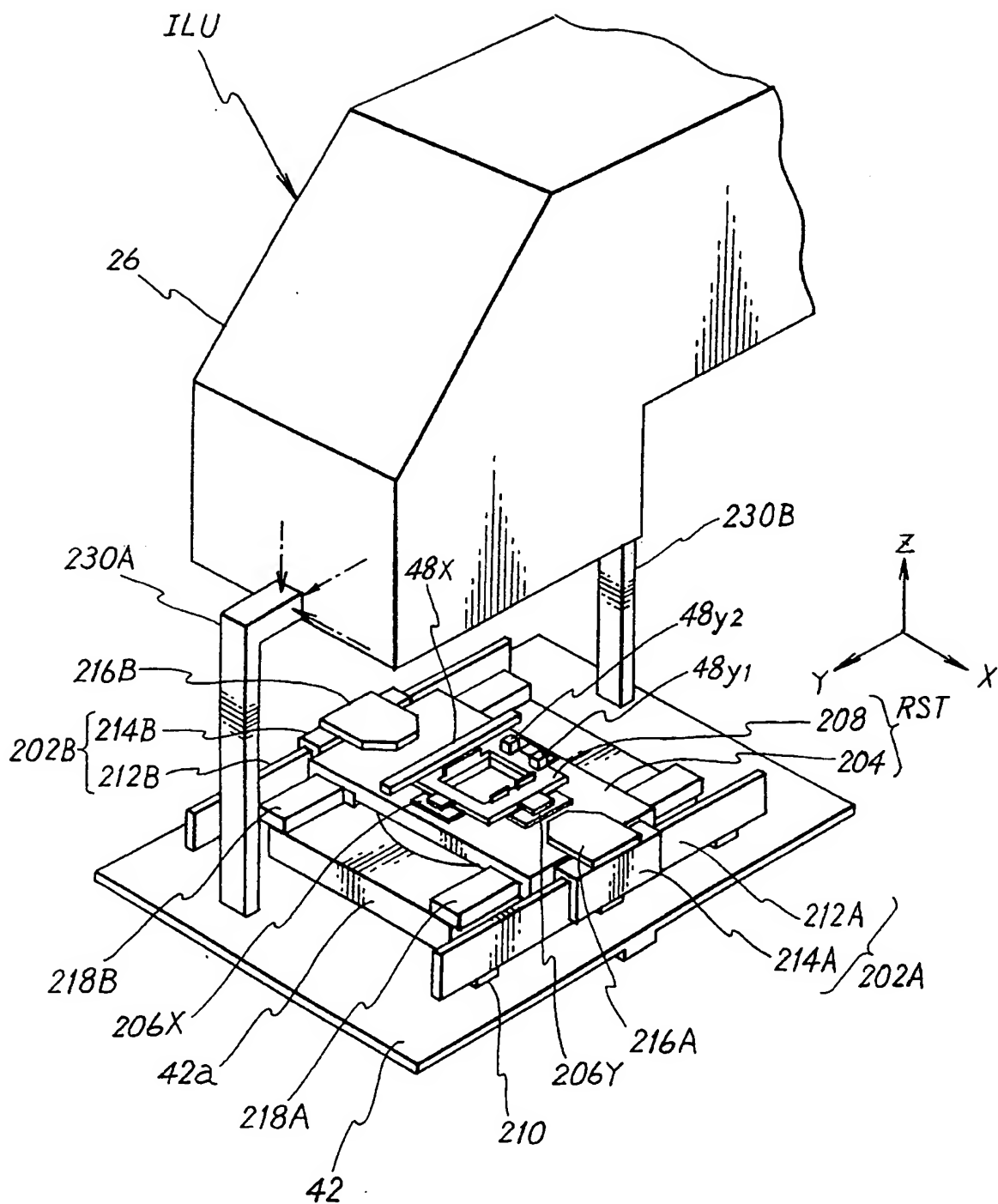


Fig. 5

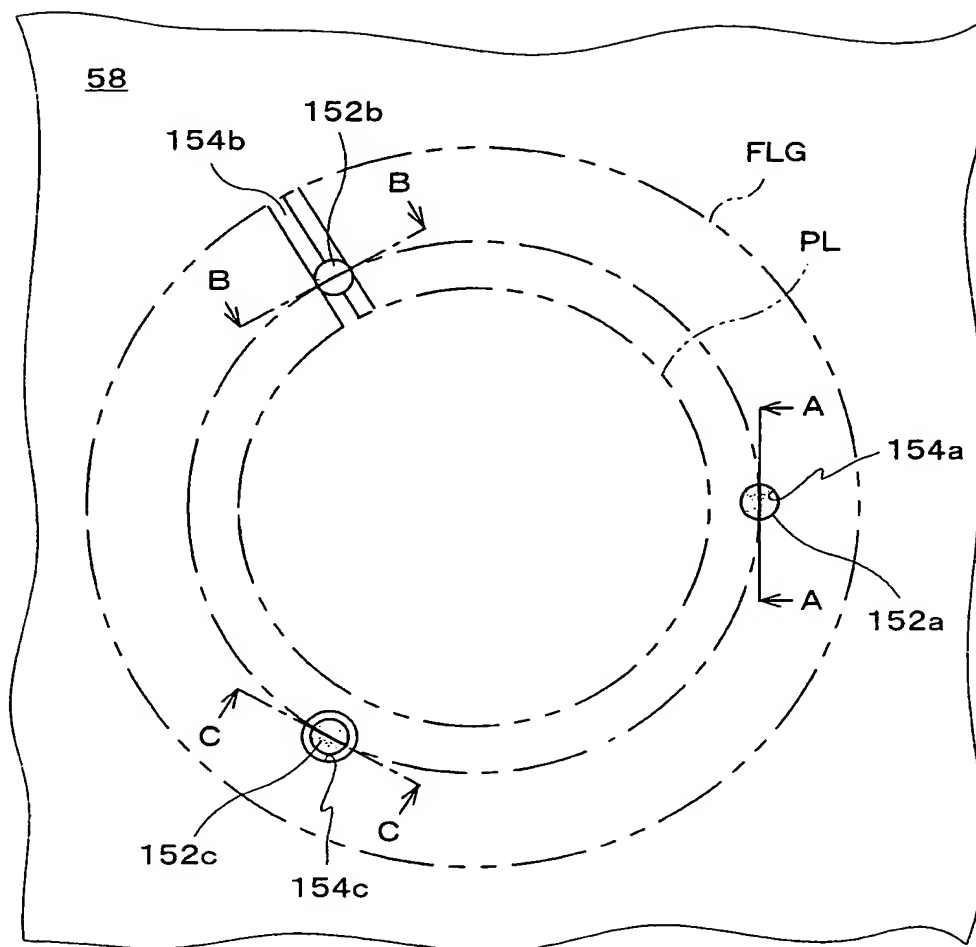


Fig. 6A

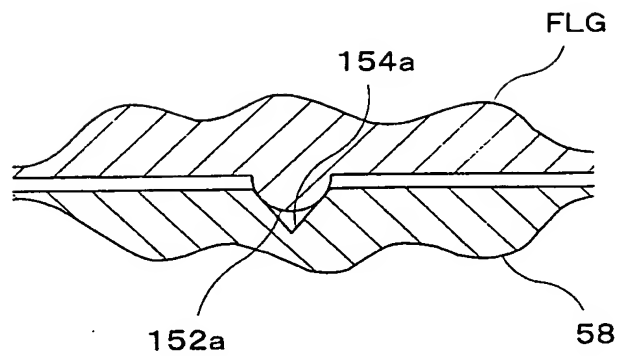


Fig. 6B

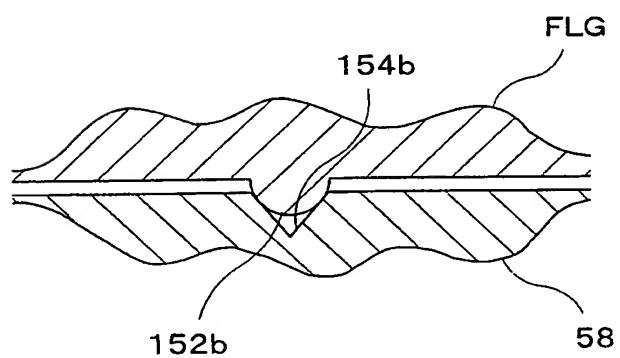


Fig. 6C

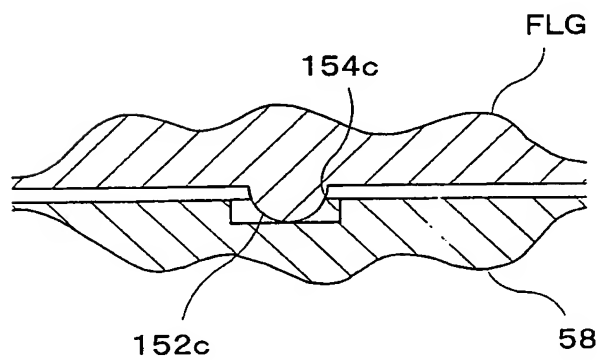


Fig. 7

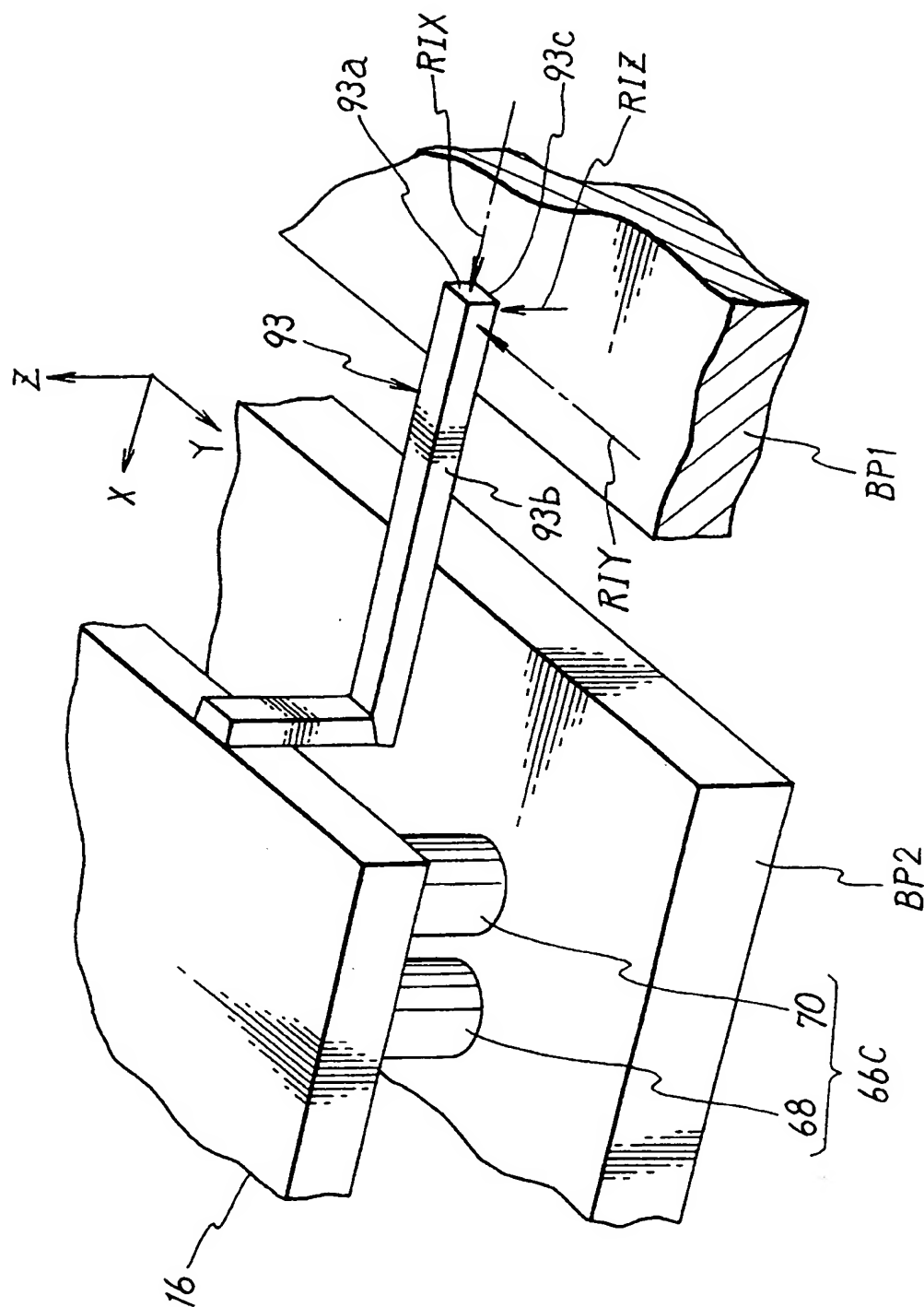


Fig. 8

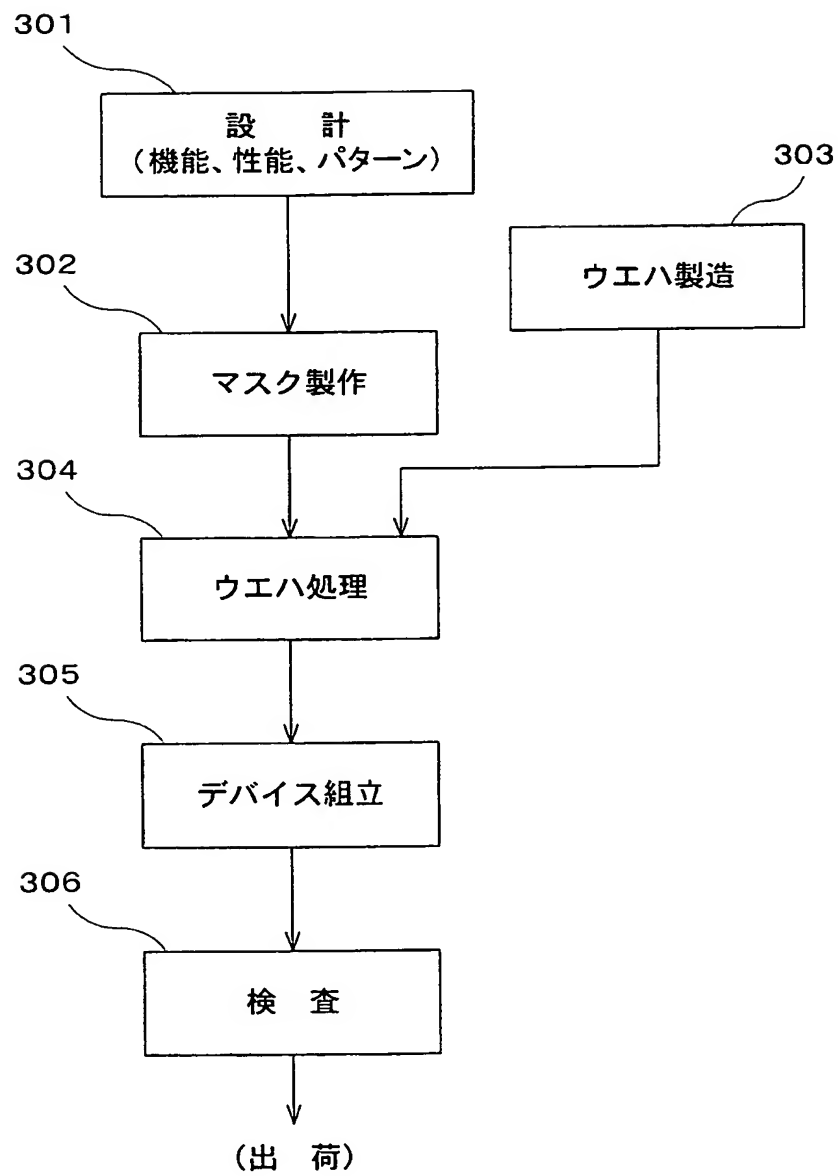
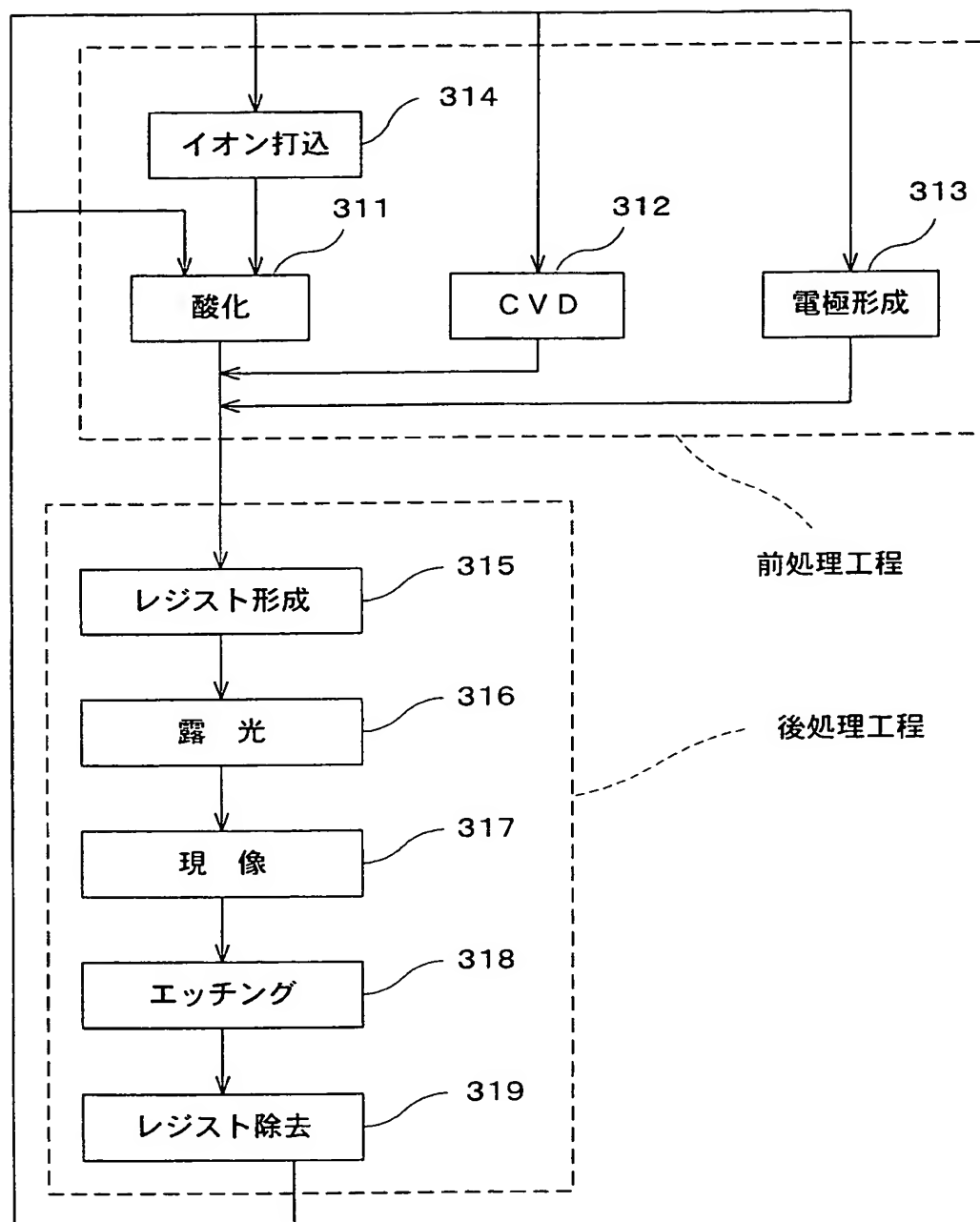


Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. —

PCT/JP99/04757

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl⁶ H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, A	JP, 11-294520, A (CANON INC.), 29 October, 1999 (29.10.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	JP, 9-306815, A (CANON INC.), 28 November, 1997 (28.11.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	JP, 8-166043, A (NIKON CORPORATION), 25 June, 1996 (25.06.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	JP, 2-199813, A (CANON INC.), 08 August, 1990 (08.08.90), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
A	JP, 9-148237, A (CANON INC.), 06 June, 1997 (06.06.97), Full text; all drawings & US, 5781277, A	5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 30 November, 1999 (30.11.99)	Date of mailing of the international search report 14 December, 1999 (24.12.99)
---	--

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/04757

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ H01L21/027, G03F7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年
 日本国登録実用新案公報 1994-1999年
 日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
E, A	J P, 11-294520, A (キャノン株式会社) 29. 10月. 1999 (29. 10. 99) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-31
A	J P, 9-306815, A (キャノン株式会社) 28. 11月. 1997 (28. 11. 97) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-31
A	J P, 8-166043, A (株式会社ニコン) 25. 6月. 1996 (25. 06. 96) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-31

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30. 11. 99

国際調査報告の発送日

14.12.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤田 年彦 印

2M 9022

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 2-199813, A (キャノン株式会社) 8. 8月. 1990 (08. 08. 90) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-31
A	J P, 9-148237, A (キャノン株式会社) 6. 6月. 1997 (06. 06. 97) 全文、全図 &US, 5781277, A	5

This Page Blank (uspto)